554

SCIENTIFIC LIBRARY

UNITED STATES PATENT OFFICE

GPO 16—53001-1

...HUE & CHRISTERN
...CLAY ST. NEW YORK
...N BOOKSELLERS

12 - 1828

ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.

LIBRARY
OCT 5 1926
11694
U. S. PATENT OFFICE

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

ZWÖLFTER BAND.

DER GANZEN FOLGE ACHTUNDACHTZIGSTER.

NEBST SECHS KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1828.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

QC
1
A6
Folgt 2 Bd. 12
(1828)
SCDIRB

Inhalt

des Bandes XII. der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber die Veränderungen, welche in dem chemischen Mineralsysteme durch die Eigenschaft der isomorphen Körper, einander in unbestimmten Verhältnissen zu ersetzen, nothwendig geworden sind; von J. J. Berzelius. 1

II. Ueber die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten; von den HH. Colladon und Sturm aus Genf. 39

1. Messungen über die Gröfse der Zusammendrückbarkeit des Glases und mehrerer Flüssigkeiten. . . . 42

III. Ueber die unterphosphorichtsauren Salze; von Heinrich Rose. 77

IV. Ueber die Bildung des Schwefeläthers, von den HH. Dumas und Boullay d. j. 93

V. Ueber einige neu entdeckte geognostische Erscheinungen in der norddeutschen Ebene; von Friedrich Hoffmann. . 109

VI. Untersuchungen über die Vertheilung des freien Magnetismus in Magnetstäben; von T. A. Kupffer. 121

VII. Ueber die Zusammensetzung des Haytorits; von F. Wöhler. 136

VIII. Ueber die Krystallform und Zusammensetzung der schwefelsauren, selensauren und chromsauren Salze; von E. Mitscherlich. 137

IX. Von einigen durch Drücken und Spalten der Krystalle hervorgebrachten elektrischen Erscheinungen; von Hrn. Becquerel. 147

Seite

X. Ob das Tellur metallisch in concentrirter Schwefelsäure gelöst enthalten seyn könne; von N. W. Fischer. . . 153

XI. Ueber den Datolith von Andreasberg; von den HH. Hofr. Hausmann und Stromeyer. 155

XII. Bemerkungen in Bezug auf die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten; von J. C. Oersted. 158

XIII. Ueber die Reduction des Arseniks aus Schwefelarsenik bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen. 159

Zweites Stück.

I. Ueber die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten; von den HH. Colladon und Sturm aus Genf. (Beschluſs.)

2. Wärmeentwicklung beim Zusammendrücken der Flüssigkeiten. S. 161. — 3. Untersuchung über den Einfluſs der Zusammendrückung auf die Leitung der Elektricität. S. 166. — 4. Geschwindigkeit des Schalls in Flüssigkeiten. S. 171. — Bemerkungen über die Natur des Schalls in Wasser. S. 186.

Nachtrag. Galy-Cazalat, über die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten. S. 189. — Despretz, über das Mariottesche Gesetz. S. 193. — Morosi, über die Wärmeentwicklung durch Reiben. S. 194.

II. Ueber das Licht; von Hrn. Fresnel.

Von den Farbenringen. S. 197. — Von der Reflexion. S. 203. — Von der Refraction. S. 211. — Von der doppelten Refraction und der Polarisation. S. 217.

III. Zerlegung einiger vegetabilischen Substanzen; von Hrn. Marcet. 249

IV. Neue Bereitungsart des Silberoxyd-Ammoniaks. 252

V. Ueber künstliche Bildung von Harnstoff; von F. Wöhler. 253

VI. Versuch über einige stickstoffoxydsaure Salze; von Dr. Herrmann Hefs in Irkutzk. 257

VII. Ueber die Zusammensetzung einiger organischen Substanzen; von William Prout. 263

Seite

VIII. Ueber einen besonderen Fall von dauernder Einwirkung, welche die chemischen Eigenschaften eines Metalls noch lange nach dessen Berührung mit einem andern Metalle erleiden; von A. van Beek in Utrecht. 274

IX. Ueber das Leitvermögen verschiedener Metalle für die Elektricität; von W. Harris. 279

X. Ueber das Wärmeleitungs-Leitvermögen der vorzüglichsten Metalle und einiger erdigen Substanzen; von Hrn. Despretz. 281

XI. Ueber einen dem Goldpurpur ähnlichen Silberniederschlag; von G. Frick. 285

XII. Ueber die unterphosphorichtsauren Salze; von Heinrich Rose. (Schlufs.) 288

XIII. Ueber die allgemeinen Gesetze der stündlichen Schwankungen des Barometers; von Alexander v. Humboldt. 299

XIV. Ueber den Einflufs des Mondes auf die Verminderung des Drucks der Atmosphäre; von Hrn. Flaugergues. . 308

XV. Besondere Erscheinung beim Wasserdampf im Dampferzeuger der Perkins'schen Maschine. 316

XVI. Fernere Bestätigungen des Einflusses der Nordlichter auf die Magnetnadel; von Hrn. Arago. 320

XVII. Beobachtung einer Störung der Magnetnadel bei der am 23. Februar 1828 in den Rheingegenden verspürten Erderschütterung. 328

XVIII. Ueber den Isopyr, eine neue Mineralspecies; von Wilhelm Haidinger. 332

XIX. Chemische Untersuchung des Isopyrs; vom Dr. Edward Turner. 334

XX. Ueber die natürliche Naphthaline. 336

Drittes Stück.

I. Auszug aus einer der K. Academie der Wissenschaften zu Berlin vorgelegten Abhandlung über die Länge des einfachen Secundenpendels in Königsberg; von F. W. Bessel. 337

Seite

II. Zusätze zu der Abhandlung: Von dem in allen Metallen durch Vertheilung zu erregenden Magnetismus; von T. J. Seebeck. 352

III. Ueber das Licht; von Hrn. Fresnel. (Schluſs.)
Färbung der Krystallblättchen. S. 366. — Modification, welche die Reflexion dem polarisirten Lichte einprägt. S. 390. — Chemische Wirkung des Lichts. S. 395.

IV. Ueber den mittleren Barometerstand am Meere unter den Tropen; von Alexander v. Humboldt. 399

V. Einige Bemerkungen über Quellen-Temperatur; von Leopold v. Buch. 403

VI. Einige Bemerkungen über den Bernstein; von J. J. Berzelius. 419

VII. Untersuchung über die zusammengesetzten Aetherarten; von den HH. Dumas und Boullay d. j. 430

VIII. Octaëdrischer Borax. 462

IX. Beobachtungen über die Ausdehnung des Meerwassers zwischen $+8^{0}$ und -3^{0} R.; von G. A. Erman d. j. . . 463

X. Ueber die Anziehung zwischen gleichartig und ungleichartig elektrisirten Leitern; vom Prof. Strehlke. 478

XI. Ueber die Bereitung einer reinen Titansäure; von Heinrich Rose. 479

XII. Neue Bereitungsart des Jodwasserstoffsäure-Gases; von Hrn. F. d'Arcet. 482

XIII. Ueber einige neue Formen des regulären Krystallisationssystems; von Gustav Rose. 483

XIV. Ueber den Botryogen oder den rothen Eisenvitriol von Fahlun; von Wilhelm Haidinger. 491

XV. Ueber die Krystallform des Dichroits; von F. Tamnau. 495

XVI. Zweiter Nachtrag zu dem Aufsatz über die Metallreductionen auf nassem Wege; von N. W. Fischer. . . . 499

XVII. Vulcanische Hebungen in den Molucken. 506

XVIII. Notiz über die warmen Quellen in den Alpen und Pyrenäen. 511

Seite

XIX. Ueber die Zusammendrückung des Wassers in Gefäfsen von verschiedener Zusammendrückbarkeit; von J. C. Oersted. 513

XX. Ueber die Ausziehung elastischer Drähte und Platten; von Hrn. Poisson. 516

XXI. Auszug aus einer Arbeit über die bei der Verbrennung entwickelte Wärme; von Hrn. C. Despretz. 519

XXII. Ueber die Verbrennung unter verschiedenem Drucke; von Hrn. C. Despretz. 520

XXIII. Zerlegung eines pulverförmigen Minerals; von Trolle-Wachtmeister. 521

XXIV. Ueber ein Mittel zur Messung mehrerer chemischen Actionen; von Hrn. Babinet. 523

XXV. Methode, Baryt von Strontian zu unterscheiden. . . 526

XXVI. Krystallform der Hämatine. 526

XXVII. Erwiederung auf Hrn. Dr. Grunert's Abhandlung; vom Bergcommissionsrath von Busse. 527

Viertes Stück.

I. Ueber die bleichende Verbindung des Chlors mit den Basen; von J. J. Berzelius. 529

II. Ueber das Verhalten des Phosphors zu den Alkalien und alkalischen Erden; von Heinrich Rose. 543

III. Verzeichnifs von Erdbeben, vulcanischen Ausbrüchen und merkwürdigen meteorischen Erscheinungen seit dem Jahre 1821; dritte Abtheilung. Von K. von Hoff. 555

IV. Ueber einen merkwürdigen Wetterschlag auf den Leuchtthurm zu Genua; von F. Kries. 585

V. Einige Bemerkungen über das Gesetz der elektrischen Abstofsung; von P. N. C. Egen. 595

VI. Ueber die Erscheinung der Farbenringe; von A. Fresnel. 599

VII. Ueber die Gewinnung des Jods. 604

VIII. Bemerkungen über die Vulcane der Insel Java. . . . 605

Seite

IX. Neue Untersuchungen über die Endosmose und Exosmose; von Hrn. Dutrochet. 617

X. Ueber die magnetischen Actionen, die unter dem Einflusse sehr starker Magnetstäbe in allen Körpern erregt werden; von Hrn. Becquerel. 622

XI. Bemerkungen über Weinöl, Oxaläther und Kohlenwasserstoff; von Hrn. Serullas. 624

XII. Ueber die Reduction des Arseniks aus Schwefelarsenik bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen; von J. J. Berzelius. 626

XIII. Vereinfachte Bereitungsart der phosphorichten Säure; von Hrn. Droquet. 628

XIV. Verfahren um rothe und weifse Purpursäure zugleich zu erhalten; von Hrn. Quesneville. 629

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1828, ERSTES STÜCK.

I. *Ueber die Veränderungen, welche in dem chemischen Mineralsysteme durch die Eigenschaft der isomorphen Körper, einander in unbestimmten Verhältnissen zu ersetzen, nothwendig geworden sind; von J. J. Berzelius.*

[Die für die Chemie so folgenreiche Entdeckung der Isomorphie gewisser Reihen von Körpern, veranlafste den Herrn. Verfasser vor einigen Jahren, das früher von ihm entworfene chemische Mineralsystem nach einem neuen, durch diese Entdeckung nöthig gewordenen Principe umzuformen, und es in dieser Gestalt in den Denkschriften der K. Schwedischen Akademie für 1824 bekannt zu machen. Daraus wurde es späterhin durch Leonhard's Zeitschrift für Mineralogie dem deutschen Publikum überliefert; in den Annalen fand es aber damals mehrerer Umstände wegen keinen Platz. Es wird daher den Lesern nicht unwillkommen seyn, das chemische Mineralsystem des Herrn Verfassers hier in seiner neusten Gestalt zu finden, wie derselbe es in einer in Kurzem erscheinenden, neuen Auflage seines Löthrohrbuches zur Classification der Mineralien benutzt hat. Von der älteren Abhandlung ist hier nur die Einleitung, die im Allgemeinen auch auf das das gegenwärtige System ihre Anwendung findet, auszugsweise beibehalten; die Anordnung der Mineralien dagegen ist neu, und namentlich ist es die Aufnahme der neuen Atomengewichte (dies. Ann. Bd. 86. S. 339.), der Gebrauch der chemischen Formeln statt der mineralogischen, und die Uebertragung der in der wichtigen Abhandlung über die Schwefelsalze (dies. Ann. Bd. 82. S. 425.) ausgesprochenen Ansichten auf die Mineralogie, wodurch sich, neben den Ergebnissen der neusten Mineralanalysen, dieses System von den frühern unterscheidet. *P.*]

Seitdem die Chemie an der Classification in der Mineralogie Theil nimmt, ist für dieselbe daraus, dafs gewisse Oxyde einander ohne Aenderung der Krystallform er-

setzen können, eine Schwierigkeit entstanden, indem sich, wenn die einander ersetzenden Oxyde farblose Verbindungen von ungefähr gleichem speficischem Gewichte liefern, keine Verschiedenheit an dem Krystalle wahrnehmen läfst, sondern eine solche erst durch die chemische Analyse aufgesucht werden mufs. So haben die Schulen von Werner und Haüy, im Widerspruche mit der Definition, welche beide von einer mineralogischen Species geben, Krystalle von verschiedenartiger Zusammensetzung zu einer und derselben Species gerechnet. Um diese Schwierigkeit zu heben, nahm Haüy zufällige Einmengungen an, welche, gezwungen durch die Krystallisationskraft der wesentlichen Bestandtheile, die Form der Species annähmen. Aber gerade, als die Resultate der chemischen Analysen, die mit grofser Genauigkeit und nach vervollkommneten Methoden angestellt waren, gegen den Haüy'schen Satz: „*dafs niemals zwei verschiedenartig zusammengesetzte Körper dieselbe Krystallform annehmen, falls diese nicht etwa zu den regelmäfsigen gehöre,*“ einen Streit von ungewissem Ausgange anfingen, wurde diese Frage durch eine eben so unerwartete als willkommne Entdeckung entschieden, nämlich durch die von Mitscherlich: dafs Körper, die aus verschiedenen Elementen, aber aus gleicher Zahl von Atomen, auf gleiche Weise zusammengesetzt sind, gleiche Krystallform annehmen. Das durch diese Entdeckung über die Mineralogie verbreitete Licht benutzend, haben H. Rose, Bonsdorff und Trolle-Wachtmeister gezeigt, dafs die Species, welche *Augit, Hornblende* und *Granat* genannt werden, eine grofse Zahl verschiedenartiger, auf analoge Weise zusammengesetzter Verbindungen umfassen. Wenn man also, nach der allgemein angenommenen Definition, dasjenige eine mineralogische Species nennen will, was den Elementen und deren Verhältnissen nach aus gleichen Verbindungen zusammengesetzt ist; so würden die drei genannten Kry-

stallformen in eine grofse Anzahl von Mineralspecies zerfallen; denn die Mehrzahl der von verschiedenen Fundorten herstammenden Augite, Hornblenden und Granate enthalten zwar ihre Elemente auf gleiche Weise combinirt, weichen aber der Zahl und den Verhältnissen dieser Elemente nach von einander ab. Gewifs giebt es keinen Mineralogen, der nicht Anstofs nähme, aus jedem der verschiedenartig zusammengesetzten Augite oder Granate eine besondere Species zu machen; und doch kann man das nicht für identisch nehmen, was es in der That nicht ist. Was bleibt hier also zu thun übrig?

Ich glaube nicht, dafs unsere Kenntnisse schon so weit gediehen sind, um diese Frage auf eine genügende Weise zu beantworten, und hierdurch wird der Versuch, die Mineralogie nach chemischen Grundsätzen zu behandeln, etwas schwierig. So wahr es einerseits ist, dafs z. B. zwei Granate, die aufser der Kieselerde keinen Bestandtheil gemein haben, nicht als dieselbe Species betrachtet werden können; so wahr ist es auch andererseits, dafs sie auf unzählige Weise von einander abweichen können. Und da man dasjenige nicht für identisch nehmen darf, was es nicht ist, und man auch nicht unzählige Varietäten aufstellen kann, so mufs man zwischen diesen Extremen einen Mittelweg einschlagen, der aber freilich nicht so leicht zu finden ist. Indefs ist es nöthig einen Mittelweg zu ergreifen, mit Vorbehalt ihn zu verlassen, wenn die Fortschritte der Wissenschaft einen besseren an die Hand geben.

Es ist also klar, dafs die von einer Mineralspecies bisher allgemein angenommenen Definition: „*dieselben Elemente verbunden in denselben Verhältnissen,*“ mit oder ohne Haüy's Beisatz: „*von gleichen Krystallgestalten,*“ für alle die Fälle, wo es sich um isomorphe Austauschungen handelt, nicht mehr gültig seyn kann, und dafs man, bis ein allgemein anwendbares Princip gefunden seyn wird, für diese Fälle aus einem besonderen Ge-

sichtspunkt verfahren mufs. Die Krystallform auf der einen, und die Zusamensetzungsformel auf der andern Seite, bedingen eine Gruppe von Verbindungen, die, je nach ihrer gröfseren oder geringeren Uebereinstimmung, durchaus die bei den lebenden Wesen herrschenden Verhältnisse von Genus und Species nachahmen. Das Genus ist durch die chemische Formel und durch die geometrische Form bestimmt, die Species durch die Elemente. Um diefs zu erläutern, sey wiederum der Granat als Beispiel genommen. Seine Krystallform ist allgemein bekannt; seine Zusammensetzungsformel ist, wenn R ein Radical bedeutet, nach Trolle-Wachtmeister: $\dot{R}^3 \ddot{S}i + \dot{R} \ddot{S}i$. Diese beiden Glieder bestimmen das Genus Granat. Wachtmeister hat überdiefs gezeigt, dafs $\dot{R}$ die Elemente: Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul, entweder einzeln oder mehrere von ihnen zusammen bezeichnen könne, gleich wie $\ddot{R}$: Thonerde und Eisenoxyd, entweder einzeln oder verbunden mit einander. Aus diesen Stoffen können also nicht weniger als acht besondere Species oder Prototypen von verschiedenen Granaten gebildet werden, und ihre Mengung mit einander würde eine so grofse Zahl von Varietäten erzeugen, dafs es zwecklos wäre, sie einzeln aufzuzählen.

Als zweites Beispiel werde ich eine Mineralspecies anführen, bei der man die Isomorphie bis jetzt weniger häufig gefunden hat. Die Chabasie besteht nach den früheren Analysen aus: $\dot{C}a^3 \ddot{S}i^2 + 3\ddot{A}l\ddot{S}i^2 + 18\dot{H}$, wobei ein kleiner Theil des Kalks durch Kali ersetzt war. Neuerlich habe ich eine Chabasie analysirt, die man mir unter dem Namen *Levyine* übersandt hatte, in der ein kleiner Theil des Kalks durch Kali und Natron ersetzt war. Herr Arfvedson hat eine Chabasie aus Schottland analysirt, worin fast aller Kalk gegen Kali und Natron ausgetauscht war *). Es ist also klar, dafs es gewisse Chabasien

*) Kongl. Vetenskaps Academien Årsberätelser för 1823. p. 155. [Berzelius Jahresbericht, deutsch, No. III. S. 147. u. No. V.

giebt, die hauptsächlich Kalk, und andere, die hauptsächlich Natron enthalten, und dafs in allen die Basen Kalk, Kali und Natron einander in unbestimmten Verhältnissen ersetzen können, so dafs also die Chabasien von verschiedenen Fundorten verschiedenartig zusammengesetzt seyn können, ohne deshalb die allgemeine Zusammensetzungsformel einzubüfsen. Nach Herrn Beudant haben die Krystalle des rhomboëdrischen Systems, bei isomorphen Austauschungen, zwar ähnliche, aber nicht völlig gleiche Winkel (während beim regulären Systeme immer das Gegentheil statt findet); so dafs man, wenn man die Winkel eines Bitterspaths genau gemessen hat, die relative Menge von Kalkerde und Talkerde in demselben, aus den einander nahe kommenden, aber nicht völlig gleichen Winkeln des kohlensauren Kalks und der kohlensauren Talkerde, bestimmen kann *). Wenn dieſs nun auch mit dem Natron-, Kalk- und Kali-Bisilicate in den rhomboëdrischen Krystallen der Chabasie der Fall ist, so ist klar, dafs Mineralogen, die gewohnt sind, Krystallwinkel mit Genauigkeit zu messen, Chabasien mit Verschiedenheit in den Winkeln finden werden. Aus ihnen aber besondere Species zu machen, würde eben so unrichtig seyn, wie aus den Bitterspathen, welche Kalk- und Talkerde in veränderlichen Verhältnissen enthalten. Meiner Meinung nach ist der Name Levyine, den man der von mir untersuchten Chabasie gegeben hat, durch einen ähnlichen Umstand entstanden. Wir haben hier folglich Genus, Species und Varietäten, oder, wenn man mit dem Namen Genus nicht einverstanden wäre, Species, Subspecies und Varietäten. Was ich übrigens von dem Granat und der Chabasie gesagt habe, gilt gleichfalls von dem Augit, der Hornblende und dem Glimmer u. s. w.

S. 216. In der folgenden Tafel findet man die am erst genannten Orte angeführte Formel. *P.*]

*) Traité élémentaire de Minéralogie, p. 61.

Diese Ansichten lassen sich aber nicht auf die allgemeine systematische Aufstellung übertragen, ohne dafs man nicht dadurch den gewöhnlichen Gang verliefse. Gewisse allgemeine chemische Zusammensetzungsformeln gehören nicht zu denselben Krystallformen. Feldspath und Albit z. B. haben gleiche Formel, aber nicht gleiche Krystallgestalt; sie müssen folglich für mehr von einander verschieden gehalten werden, als zwei Granate oder Hornblenden von ungleicher Zusammensetzung.

Ich werde nun zu zeigen suchen, wie sich diese Schwierigkeiten durch eine Aenderung des chemischen Systemes gröfstentheils umgehen lassen. In einer älteren Abhandlung *) habe ich gezeigt, dafs die Mineralien am besten nach den elektro-chemischen Beziehungen ihrer Elemente classificirt, und dem gemäfs entweder nach ihrem elektro-positivsten, oder nach ihrem elektro-negativsten Bestandtheile geordnet werden können. Beide Methoden haben ihr Gutes und lassen sich mit gleichem Rechte gebrauchen. Indefs habe ich in meinem älteren Versuch zu einem chemischen Mineralsysteme derjenigen den Vorzug gegeben, welche die Familien nach dem elektro-positiven Bestandtheil bildet. Der Grund hiezu war, dafs die meisten elektro-positiven Körper, wie z. B. Blei, Kupfer, Kobalt, Nickel, Eisen, Baryt u. s. w., ihren Verbindungen mit den elektro-negativen Körpern eigenthümliche Charactere verleihen, welche sie mehr oder weniger scharf in allen Mineralien, in denen sie vorkommen, beibehalten; und da ferner diese Verbindungen, wegen ihres elektro-positiven Bestandtheils, oft der Gegenstand des Bergbaues sind, so schien mir die Bequemlichkeit, die für die Anwendung der Wissenschaft auf die Praxis daraus hervorging, dafs die Verbindungen dieser Metalle besondere Klassen bildeten, den Vorzug zu verdienen vor denjenigen der andern Classificationen, dafs z. B. alle Sulphure, alle Silicate etc. zusammenstehen, obgleich auch

*) Afhandlingar i Fysik, Kemi etc., 4. H. p. 1.

diese Bequemlichkeit nicht zu verachten ist. Die Schwierigkeiten, welche durch den zwischen isomorphen Körpern stattfindenden Austausch entstehen, ahnete man damals noch nicht. Bei Erwägung der Abänderungen, welche durch diesen jetzt völlig erwiesenen Umstand in der systematischen Aufstellung hervorgebracht werden, fällt es sogleich in die Augen, dafs da, wo isomorphe Austauschungen am häufigsten sind, die Classification, wenn auch nicht unmöglich, doch wenigstens am schwierigsten seyn müsse. Aus Mitscherlich's vortrefflichen Arbeiten ist es bekannt, dafs elektro-negative Körper einander eben so gut mit Beibehaltung der Krystallform ersetzen können, wie elektro-positive; allein bei den im Mineralreich vorkommenden Verbindungen findet man die Austauschungen zwischen den elektro-positiven Körpern am häufigsten, zwischen den elektro-negativen dagegen nur bei der Phosphorsäure und Arseniksäure, und bei einigen andern selten vorkommenden Säuren. Käme aber ein mit dem Schwefel oder der Kieselsäure isomorpher elektro-negativer Körper oft im Mineralreich vor, so würde die Classification, nach beiden Methoden, dieselben Schwierigkeiten haben. Es geht hieraus hervor, dafs die Schwierigkeiten, welche durch isomorphe Austauschungen bei den Mineralien entstehen, weit geringer werden, wenn man die Körper nach ihren elektro-negativen Bestandtheilen ordnet Und trifft man auch beim Aufstellen der, durch die Isomorphie ihrer Basen veränderlichen Verbindungen auf ähnliche Schwierigkeiten, wie beim Ordnen nach dem positiven Bestandtheile, so sind dieselben doch von geringerer Wichtigkeit. Ich habe überdiefs in meinem ältern Versuch gezeigt *), dafs nicht nur eine Aufstellung nach dem elektro-negativen Bestandtheil sehr viele Bequemlichkeiten hat, sondern auch, dafs hierdurch, da alle oxydirte Verbindungen unter Sauerstoff aufgeführt werden, die erste, rein unorganische Klasse

*) Afh. i Fysik, Kemi etc. 4. H. p. 113.

der Mineralogie in zwei Unterabtheilungen getheilt wird, wovon die erste die nicht oxydirten, und die zweite die oxydirten Mineralien in sich fafst.

In allen älteren Systemen, die von Haüy und Werner mit eingerechnet, hat man den Vortheil, der aus der Klassification nach dem elektro-positiven Bestandtheile folgt, dafs nämlich jedes der sogenannten eigentlichen Metalle mit seinen Verbindungen eine besondere Familie ausmacht, beizubehalten gesucht. Dieser Vortheil geht beim Ordnen nach dem elektro-negativen Bestandtheil verloren. Mancher Mineralog wird es vielleicht ungern sehen, dafs Eisen, Kupfer, Silber u. s. w. in mehreren Familien zerstreut stehen; für diese mufs ich nachweisen, wie sich die Anordnung nach dem elektro-positiven Bestandtheile möglicherweise mit den isomorphen Austauschungen verträgt. So wie jede Base ihr Sulphat, ihr Carbonat, ihr Silicat hat, und so wie jedem Alkali sein Alaun entspricht, so kann auch aus gleichem Grunde bei mehreren Basen ein Granat, ein Turmalin, ein Augit u. s. w. vorkommen, und in solchen Fällen bezeichnen die Worte Alaun, Granat, Turmalin u. s. w. nicht mehr die mineralogische Species, sondern, was auch das Richtigere ist, die Verbindungsart. Wenn sich aber in diesen Verbindungsarten die Basen in unbestimmten Verhältnissen austauschen, wird man aber doch zuletzt unschlüssig, wohin man diesen oder jenen Granat stellen soll, so dafs man ihn bisweilen mit gleichem Rechte zugleich an mehrere Plätze stellen kann, was immer eine Unvollkommenheit des Classificationsprincips anzeigt. Welcher Methode man also auch folge, wird man doch stets bei folgerechter Durchführung des Princips auf etwas stofsen, was wegen seiner Ungewöhnlichkeit widerlich ist, wenn auch nicht gesagt seyn soll, dafs das Ungewohnte deshalb auch das Unrichtige sey.

Aus dem hier Angeführten scheint mir zweierlei erwiesen zu seyn, nämlich 1) dafs es gegenwärtig nicht

möglich ist, genügend zu bestimmen, was eine mineralogische Species sey, sobald es sich um isomorphe Austauschungen handelt, und 2) dafs, wegen dieser Austauschungen, die Classificationsmethode nach dem elektropositiven Bestandtheile nicht ohne grofse Schwierigkeiten angewandt werden kann, und zwar deshalb, weil diese Austauschungen hauptsächlich zwischen den elektro-positiven Bestandtheilen der Mineralien statt finden.

In einem Mineralsysteme, welches die Körper nach dem elektro-negativsten Bestandtheile ordnet, können die Verbindungen, in denen isomorphe Basen einander ersetzen, natürlich neben einander gestellt werden, und es ist von geringer Wichtigkeit, was man als Species, oder was man nicht als solche unterscheidet, sobald man nur weifs, was nicht vollkommen identisch ist, und man in der speciellen Beschreibung die Extreme angiebt, und zeigt, wie mannigfaltig sie variiren können. Führt man die elektronegative Aufstellung des Systemes nur einigermafsen folgerecht durch, so ordnen sich die Verbindungen, besonders in den gröfseren Familien, auf eine so wundervolle Weise nach ihrem äufseren Habitus, wie es sicherlich nicht besser bei der Wernerschen Methode der Fall seyn kann, für welche doch die Analogie im Habitus das Hauptprincip ausmacht; ein Umstand, der gewifs die allgemeinere Annahme dieses Classificationsprincips bedeutend befördern wird.

Ich will hier nun eine Aufstellung der bis jetzt allgemein bekannten Mineralien nach dem elektro-negativen Bestandtheile versuchen, und dabei die Mineralien in zwei Hauptklassen eintheilen, nämlich: 1) in solche, die nach dem Zusammensetzungsprincipe der unorganischen Natur zusammengesetzt sind, und 2) in solche, die nach dem Zusammensetzungsprincipe der organischen Natur zusammengesetzt sind. Die erste derselben umfafst, unter 4 Abtheilungen, 19 Familien, welche, von der elektropositivsten zur elektro-negativsten gerechnet, folgende

sind: die des Eisens, Kupfers, Wismuths, Silbers, Quecksilbers, Palladiums, Platins, Osmiums, Goldes, Tellurs, Antimons, Arseniks, Kohlenstoffs, Stickstoffs, Selens, Schwefels, Sauerstoffs, Chlors und Fluors.

Erste Klasse. Mineralien, zusammengesetzt nach dem Principe für die Zusammensetzung der unorganischen Natur.

I. *Elektro-positive Metalle.*

	Eisen.
Meteoreisen	Fe (Ni, Co, Ch)
	Kupfer.
Gediegnes Kupfer	Cu
	Wismuth.
Gediegnes Wismuth	Bi
	Silber.
Gediegnes Silber	Ag
	Quecksilber.
Gediegnes Quecksilber	Hg
Natürliches Amalgam	$AgHg^2$
	Palladium.
Gediegnes Palladium	Pa
	Platin.
Gediegnes Platin	Pt
	Osmium.
Osmium-Iridium	$IrOs^x$
	Gold.
Gediegnes Gold	Au
Elektrum *)	$AgAu^2$

*) Von Hrn. Boussingault sind neuerlich (dies. Ann. Bd. 86. S. 313.) auch Verbindungen von Silber mit 3, 5, 6 und 8 Atomen Gold entdeckt worden.

II. *Elektro-negative brennbare Körper und deren nicht oxydirte Verbindungen.*

Tellur und Tellurmetalle.

Gediegnes Tellur	Te
Tellurwismuth	$BiTe^x$
Tellurblei, *Blättererz*	PbTe (gemengt mit PbS und Au^2Te^3)
Tellursilberblei, *Weifstellur*	$AgTe+2PbTe+3Au^2Te^3$
Tellursilbergold, *Schrifterz*	$AgTe+6AuTe^3$

Antimon und Antimonmetalle.

Gediegnes Antimon	Sb
Spiesglanzsilber	Ag^2Sb
Silberspiesglanz	Ag^3Sb

Arsenik und Arsenikmetalle.

Gediegnes Arsenik	As
Kupfernickel	NiAs
Arseniknickel	$NiAs^2$
Arsenikkobalt	$CoAs^2$ vielleicht $CoAs^3$
Stänglicher Arsenik von Schneeberg.	
Arsenikspiesglanz	$SbAs^x$

Kohle.

Diamant

Graphit

Graphit (Kohlenblende) von Barreros zu Minas Geraes

Fossile Kohle

Anthracit

Stickstoff.

Stickgas	Az

Selen und Selenmetalle.

Selenblei	PbSe
Selenkobaltblei	$CoSe^2+3PbSe$
Selenkupfer aus Skrikerum	Cu^2Se
Selenkupfer-Blei	PbSe mit CuSe und CuSe

Selenkupfer-Silber, *Enkairit*,	$\dot{C}u\dot{S}e^2 + \dot{A}g\dot{S}e$
Selenkupfer-Quecksilber	$\dot{P}b\dot{S}e$ gemengt mit $\dot{H}g\dot{S}e$

Schwefel und Schwefelmetalle.

Gediegner Schwefel	$\dot{S}$
Schwefelmangan, *Manganglanz*,	$\dot{M}n$ *)
Schwefelzink, *Zinkblende*,	$\dot{Z}n$
Schwefeleisen	
a. Magnetkies	$\dot{F}e + \dot{F}e^6$
b. Schwefelkies, Speerkies,	$\dot{F}e$
Schwefelkobalt	$\dot{C}o$ gemengt mit $\dot{F}e$
Schwefelnickel, *Haarkies*,	$\dot{N}i$
Schwefelkupfer, *Kupferglas*,	$\dot{C}u$
Schwefelkupfereisen	
a. Kupferkies	$\dot{C}u\dot{F}e$
b. Bunt-Kupfererz	$\dot{F}e\dot{C}u^2$
Schwefelblei, *Bleiglanz*,	$\dot{P}b$
Schwefelwismuth	
a. von Bispberg	$\dot{B}i$?
b. von Riddarhyttan	$\dot{B}i$
Schwefelkupferwismuth, *Kupferwismutherz*,	$\dot{C}u^3\dot{B}i$
Nadelerz	$\dot{P}b^3\dot{B}i + \dot{C}u^3\dot{B}i$
Schwefelkupferzinn, *Zinnkies*,	$\dot{C}u\dot{S}n$
Schwefelsilber, *Glaserz*,	$\dot{A}g$
Schwefelsilberkupfer, *Silber-Kupferglanz*,	$\dot{C}u\dot{A}g$
Schwefelquecksilber, *Zinnober*,	$\dot{H}g$
Schwefelantimon	$\dot{S}b$
(Unterantimonschweflige Salze)	

*) Das ′ bezeichnet die Zahl der Schwefelatome in einem Schwefelmetalle, wie der · die Zahl der Sauerstoffatome in einem Oxyde.

Halb-unterantimonichtschwefliges Schwefeleisen, *Berthierit*,	$\dot{Fe}^3\,\dddot{Sb}^2$
Neutrales unterantimonichtschwefliges Schwefelblei, *Zinkenit*,	$\dot{Pb}\,\dddot{Sb}$
Halb-unterantimonichtschwefliges Schwefelblei, *Jamesonit*,	$\dot{Pb}^3\,\dddot{Sb}^2$
Drittel-unterantimonichtschwefliges Schwefelblei u. Schwefelkupfer, *Bournonit*,	$\dot{Cu}^3\,\dddot{Sb} + 2\dot{Pb}^3\,\dddot{Sb}$
Unterantimonichtschwefliges Schwefelkupfer, *Schwarerz* von Kapnik, *Endellione* von Harvey bei Grenoble, und von Ekaterinenburg	$\dot{Cu}^x\,\dddot{Sb}$
Licht-Weifsgültigerz v. Freiberg	
Dunkel-Weifsgültigerz v. Sala	
Drittel-unterantimonichtschwefliges Schwefelsilber, Rothgültigerz,	$\dot{Ag}^3\,\dddot{Sb}$

Schwefelmolybdän	$\dddot{Mo}$
Schwefelarsenik	
a. Rothes, *Realgar*,	$\dot{As}$
b. Gelbes, *Operment*,	$\dddot{As}$
c. Arsenikglanz von Palmbaum bei Marienberg	$12As + S$ (muthmafslich)
Arsenichtschwefliges Schwefelsilber, *Sprödglaserz*,	$\dot{Ag}^x\,\ddot{As}$
Arsenik-Schwefel-Eisen, *Mispickel*,	$FeS^2 + FeAs^2$

Arsenik-Schwefelkobalt, *Glanzkobalt*,	$CoS^2 + CoAs^2$
Arsenik-Schwefel-Nickel, *Nikkelglanz*,	$NiS^2 + NiAs^2$

III. *Sauerstoff, Säuren und oxydirte Körper.*

Sauerstoff	O

A. Oxyde von elektro-positiven Metallen.

Mangansuperoxyd, *Braunstein*,	$\dot{M}n$
Manganoxydul-Zinkoxyd von Franklin in America	$\dot{M}n$ mit $\dot{Z}n$
Eisenoxyd, *Eisenglanz*,	$\ddot{F}e$
Eisenoxyd-Oxydul, *Magneteisenstein*,	$\dot{F}e + \ddot{F}e$
Eisenoxyd-Zinkoxyd mit Eisenoxyd-Manganoxydul, *Franklinit*,	$\dot{Z}n\ddot{F}e + \dot{M}n\ddot{F}e$
Kupferoxydul, *Rothkupfererz*,	$\dot{C}u$
Kupferoxyd	$\dot{C}u$
Bleioxyd	$\dot{P}b$
Bleisuperoxyd, *Mennige*,	$\ddot{P}b$
Wismuthoxyd, *Wismuthocker*,	$\ddot{B}i$
Zinnoxyd, *Zinnstein*,	$\ddot{S}n$

B. Oxyde von elektro-negativen Körpern.

Wasser und Hydrate.

Wasser	$\dot{H}$
Magnesiahydrat	$\dot{M}g\dot{H}$
Manganoxydhydrat	$\ddot{M}n\dot{H}$
Kupfermangan von Schlackenwalde	
Kobaltoxyd-Manganoxydhydrat, *Schwarzer Erdkobalt*,	$\dot{C}o\ddot{M}n + 3\dot{H}$?

Eisenoxydhydrat, *Brauneisenstein*,	$\ddot{F}e^2\dot{H}^3$
Uranoxydhydrat	$\ddot{U}\dot{H}^x$

Thonerde und Aluminate.

Thonerde, *Corund*, *Saphir*, *Rubin*, *Diamantspath*,	$\ddot{A}l$
Thonerdehydrat	
a. Diaspor	$\ddot{A}l\dot{H}$
b. Gibbsit	$\ddot{A}l\dot{H}^3$
Talkerde-Aluminat, *Spinell*,	$\dot{M}g\ddot{A}l^2$
Eisenoxydul-Talkerde-Aluminat, *Zeilanit*,	$\left.\begin{matrix}\dot{M}g\\ \dot{F}e\end{matrix}\right\}\ddot{A}l^2$
Candit	$\dot{M}g^3\ddot{A}l^2+\dot{F}e^3\ddot{A}l^2$
Zinkoxyd-Aluminat, *Gahnit*,	$\left.\begin{matrix}\dot{Z}n\\ \dot{F}e\end{matrix}\right\}\ddot{A}^2$
Bleioxyd-Aluminat, *Bleigummi*,	$\dot{P}b\ddot{A}l^2+6\dot{H}$

Kieselerde und Silicate.

I. Silicate von einer Basis.

Neutrale kieselsaure Kalkerde, von Edelfors und Gjellebeck	$\dot{C}a\ddot{S}i$
Zwei drittel-kieselsaure Kalkerde, *Tafelspath*,	$\dot{C}a^3\ddot{S}^2$
Neutrale kieselsaure Talkerde, *Speckstein*,	$\dot{M}g\ddot{S}i$
Neutrale kieselsaure Talkerde mit Wasser, *Meerschaum*,	$\dot{M}g\ddot{S}i+\dot{H}$
Zwei drittel-kieselsaure Talkerde, *Picrosmin*,	$3\dot{M}g^3\ddot{S}i^2+\dot{H}$
Pyrallolith	$\dot{M}g^3\ddot{S}i^2$ *)
Zwei drittel-kieselsaure Talk-	

*) Nach Nordenskiölds Analyse $\dot{C}a^3\ddot{S}^4+6\dot{M}^3\ddot{S}^2+\ddot{A}\ddot{S}^2+6\dot{H}$

erde mit Talkerdehydrat, *Serpentin*,	$2\dot{M}g^3\ddot{S}i^2+3\dot{M}g\dot{H}^2$ *)
a. Edler Serpentin	
b. Gemeiner Serpentin	
Drittel-kieselsaure Talkerde, *Olivin* und *Chrysolith*,	$\dot{M}g^3\ddot{S}i$ **)
Drittel-kieselsaures Zinkoxyd, *Kieselzinkerz*,	$2\dot{Z}n^3\ddot{S}i+3\dot{H}$
Zwei drittel-kieselsaures Manganoxydul, *Rubinspath*,	$\dot{M}n^3\ddot{S}i^2$ ***)
Drittel-kieselsaures Manganoxydul, *Schwarzer Mangankiesel*,	$\dot{M}n^3\ddot{S}i+3\dot{H}$
Neuntel-kieselsaures Manganoxyd von Piemont	$\dot{M}n^3\ddot{S}i$
Drittel-kieselsaures Ceroxydul, *Cerit*,	$\dot{C}e^3\ddot{S}i+3\dot{H}$
Kieselsaures Eisenoxydul †)	
a. Hisingerit ††)	
b. Sideroschisolith v. Conghonas do Campo †††)	
c. Chlorophaeit	

Zwei

*) Die Talkerde im Silicat ist oft zum Theil durch $\dot{F}e$ ersetzt.

**) $\dot{M}g$ ist nicht selten durch eine unbestimmte Portion $\dot{F}e$ ersetzt.

***) Wegen eines geringen Kalkgehalts kann es auch zum Augit gestellt werden.

†) Reines kieselsaures Eisenoxydul ist bis jetzt noch nicht angetroffen; die drei genannten Mineralien sehe ich jedoch als einfache Silicate an, und halte die Beimengungen für unwesentlich.

††) Unter diesem Namen habe ich auch ein anderes Mineral von der Eisengrube Gillinge in Südermanland aufgenommen, das hauptsächlich aus wasserhaltigem Eisenoxydulsilicat besteht, gemengt, nach Hisingers Analyse, mit ein Paar Procent Thonerde.

†††) Nach Wernekinks Analyse: $\dot{F}e^6\ddot{S}i+3\dot{H}$ ungerechnet 4,1 Proc. Thonerde, die vielleicht als Eisenoxydul-Aluminat vorhanden sind.

Zwei drittel-kieselsaures Uranoxydul, *Uranpecherz*, $\dot{U}^3\ddot{S}i^2$

Zwei drittel-kieselsaures Kupferoxyd, *Dioptas*, $\dot{C}u^3\ddot{S}i^2+6\dot{H}$

Drittel-kieselsaures Kupferoxyd-*Kieselmalachit*, $\dot{C}u^3\ddot{S}i+3\dot{H}$

Drittel-kieselsaure Zirkonerde, *Zirkon* und *Hyacinth*, $\ddot{Z}r\ddot{S}i$

Sechstel-kieselsaure Thonerde, *Cyanit* und *Rhätizit*, $\ddot{A}l^2+\ddot{S}i$

Thonarten.

II. Silicate mit mehreren Basen.

A. Silicate von einem Alkali oder einer alkalischen Erde und Silicat von Thonerde, vereinigt mit Krystallwasser. Cronstedt's Zeolithe.

Apophyllit $\dot{K}\ddot{S}i^2+3\dot{C}a\ddot{S}i+16\dot{H}$

Chabasie $\left.\begin{matrix}\dot{N}a^3\\ \dot{K}^3\end{matrix}\right\}\ddot{S}^2+3\ddot{A}l\ddot{S}i^2+18\dot{H}$

Mesotyp $\dot{N}a\ddot{S}i+3\ddot{A}l\ddot{S}i+2\dot{H}2\dot{H}$

Mesolith $\dot{N}a\ddot{S}i+3\ddot{A}l\ddot{S}i+2\dot{H}$
$+2[\dot{C}a\ddot{S}i+3\ddot{A}l\ddot{S}i+3\dot{H}]$

Mesolith vom Hauenstein $\dot{N}a\ddot{S}i+3\ddot{A}l\ddot{S}i+3\dot{H}$
$+[\dot{C}a\ddot{S}i+3\ddot{A}l\ddot{S}i+3\dot{H}]$

Mesole $\dot{N}a^3\ddot{S}i^2+3\ddot{A}l\ddot{S}i+6\dot{H}$
$+2[\dot{C}a^3\ddot{S}i^2+3\ddot{A}l\ddot{S}i+9\dot{H}]$

Analcim $\dot{N}a^3\ddot{S}i^2+3\ddot{A}l\ddot{S}i^2+6\dot{H}$

Thomsonit $\dot{N}a^3\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i+3\dot{H}$
$+3[\dot{C}a^3\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i+9\dot{H}]$

Stilbit *) $\dot{C}a\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i^3+6\dot{H}$

Heulandit $3\dot{C}a\ddot{S}i+4\ddot{A}l\ddot{S}i+18\dot{H}$

*) Der Epistilbit ist eben so zusammengesetzt, nur enthält er 5 At. Wasser, und ein geringer Theil seines Kalks ist durch Natron ersetzt; dasselbe gilt von Haüy's Stilbite dodecaèdre lamelliforme.

Brewsterit	$3\left\{\begin{matrix}\dot{Na}\\ \dot{Ca}\end{matrix}\right\}\ddot{S}i+4\ddot{A}l\ddot{S}i^3+24\dot{H}$
Lomonit	$\dot{C}a^3\ddot{S}i^2+4\ddot{A}l\ddot{S}i^2+18\dot{H}$
Harmotom *)	$\dot{K}^3\ddot{S}i^2+4\ddot{A}l\ddot{S}i^2+15\dot{H}$
	$+2[\dot{C}a^3\ddot{S}i^2+3\ddot{A}l\ddot{S}i^2+15\dot{H}]$
Scolezit	$\dot{C}a\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i+9\dot{H}$
Prehnit	$\dot{C}a^2\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i+\dot{H}$
Edingtonit	?

B. Silicate von Alkalien oder alkalischen Erden mit Silicaten von Thonerde ohne chemisch gebundenes Wasser.

Neutrales kieselsaures Thonerde-Kali, *Feldspath*,	$\dot{K}\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i^3$
Neutrales kieselsaures Thonerde-Natron, *Albit*,	$\dot{Na}\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i^3$
Doppelt-kieselsaures Lithion mit neutraler kieselsaurer Thonerde, *Petalit*,	$\dot{L}\ddot{S}^2+\ddot{A}l\ddot{S}i^3$
Neutrales kieselsaures Lithion mit doppelt-kieselsaurer Thonerde, *Spodumen*, *Triphan*,	$\dot{L}\ddot{S}^2+\ddot{A}l\ddot{S}i^2$
Neutrales kieselsaures Natron mit halb-kieselsaurer Thonerde, sogenannter *Natron-spodumen* **),	$\dot{Na}\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i^2$
Zwei drittel-kieselsaures Thonerde-Kali, *Leucit*, *Amphigene*,	$\dot{K}^3\ddot{S}i^2+3\ddot{A}l\ddot{S}i^2$
Neutral. kieselsaur. Natron und Kalk mit zwei drittel-kieselsaurer Thonerde, *Labrador*,	$\dot{Na}\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i$
	$+3[\dot{C}a\ddot{S}i+\ddot{A}l\ddot{S}i]$

*) D. h. der Kalkharmotom von Marburg und Annerode nach Gmelin's und Wernekink's Analyse. Der Barytharmotom ist noch nicht bestimmt; doch hat er wahrscheinlich dieselbe Formel, aber Baryt statt Kalk.

**) Das Natron ist zum Theil ersetzt durch Kali, Kalk und Talkerde.

Zwei drittel-kieselsaur. Natron und Kalk mit drittel-kieselsaurer Thonerde, *Wernerit*, *Paranthin*, *Scapolith*,

$$\left.\begin{matrix}\dot{Ca}^3\\ \dot{Na}^3\end{matrix}\right\}\ddot{Si}^2+2\ddot{Al}\ddot{Si}$$

a. Mejonit vom Vesuv.
b. Wernerit von Pargas.
c. Wernerit von Malsjö.
d. Wernerit von Arendal.
e. Dipyre von Mauléon.
f. Eckebergit von Hesselkulla und Pargas

$$\dot{Ca}^3\ddot{Si}^2+2\ddot{Al}\ddot{Si}+3[\dot{Na}^3\ddot{Si}^2+2\ddot{Al}\ddot{Si}]$$

Zwei drittel-kieselsaur. Natron mit drittel-kieselsaur. Thonerde, *Sodalith*,

$$\dot{Na}^3\ddot{Si}^2+2\ddot{Al}\ddot{Si}$$

Drittel-kieselsaures Thonerde-Kali mit Natron, *Elaeolith*,

$$\left.\begin{matrix}\dot{K}^3\\ \dot{Na}^3\end{matrix}\right\}\ddot{Si}^3+3\ddot{Al}\ddot{Si}$$

Drittel-kieselsaures Thonerde-Natron, *Nephelin*, *Elaeolith von Fredriksvärn*,

$$\dot{Na}^3\ddot{Si}+3\ddot{Al}\ddot{Si}$$

Neutrale kieselsaure Talkerde mit drittel-kieselsaur. Thonerde, *Nordenskiöld's wasserfreier Scolezit von Pargas*,

$$\dot{Ca}\ddot{Si}+\ddot{Al}\ddot{Si}$$

Drittel-kieselsaure Kalk-, Talk- und Thonerde, *Anorthit*,

$$\dot{Mg}^3\ddot{Si}+2\ddot{Al}\ddot{Si}+2[\dot{Ca}^3\ddot{Si}+3\ddot{Al}\ddot{Si}]$$

Andalusit von Fahlun.

C. Silicate von Kali oder Lithion mit Silicaten von Talkerde, Eisenoxydul, Manganoxydul und Thonerde *); *glimmerartige Mineralien.*

a. Glimmer im Granit von Broddbo und Finbo.

b. Glimmer im Granit von Nordamerika.

c. Glimmer im Kalk v. Pargas.

d. Lepidolith oder Lithionglimmer von Utön.

Talkarten

Pimelith, nickelhaltiger Talk.

Chlorit.

Pinit.

Fahlunit.

D. Silicate von Alkali und Eisenoxyd.

Neutrales kieselsaures Natron mit halb kieselsaurem Eisenoxyd, *Akmit*, $3\dot{N}a\ddot{S} + 2\ddot{F}e\ddot{S}i^2$

E. Silicate von Kalk- und Talkerde, in denen die alkalischen Erden mehr oder weniger vollständig durch Eisenoxydul und Manganoxydul, die Kieselerde aber zuweilen durch Thonerde ersetzt zu seyn pflegt.

Neutrale kieselsaure Kalkerde mit halb-kieselsaurer Talkerde, *Hornblende* **), $\dot{C}a\ddot{S}i + \dot{M}g^3\ddot{S}i^2$

*) Ungeachtet der vortrefflichen Arbeiten, welche Klaproth, Vauquelin, H. Rose, C. Gmelin und Turner über diese Gattung von Verbindungen angestellt haben, kann für dieselbe noch keine Formel mit einiger Wahrscheinlichkeit aufgestellt werden.

**) v. Bonsdorff hat gezeigt, dafs alle Hornblenden Flufssäure enthalten, wahrscheinlich an Kalk gebunden. Seinen Analysen nach ist es möglich, dafs den Hornblenden die Formel $\dot{C}aF^2 + 5\{\dot{C}a\ddot{S}i + \dot{M}g^3\ddot{S}i^2\}$ zukommt, wo sie dann zu der Klasse, welche die Salzbilder enthält, gezählt werden müssen.

U.S. PATENT OFFICE 11694

a. Nicht thonhaltige Hornblenden.

α) Tremolit von Gullsjö — $\dot{Ca}\ddot{Si} + \dot{Mg}^3\ddot{Si}^2$

β) Strahlstein von Fahlun

γ) Asbestartiger Tremolit von Sheffield.

δ) Asbest von Tarantaise — $\dot{Ca}\ddot{Si} + \left.\begin{matrix}\dot{Mg}^3\\ \dot{Fe}^3\\ \dot{Ca}^3\end{matrix}\right\}\ddot{S}^2$

ε) Asbestartiger Strahlstein von Taberg — (Dieselbe Formel)

ξ) Byssolit von Bourg de l'Oisons — (Dieselbe Formel)

b) Thonhaltige Hornblenden.

η) Grammatit von Åkers Kalkbruch — $\dot{Ca}\ddot{Si} + \left.\begin{matrix}\dot{M}^3\\ \dot{Fe}^3\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}\ddot{Si}^2\\ \ddot{A}^3\end{matrix}\right.$

ϑ) Schwarze Hornblende von Slättmyra.

ι) Breitblättrige schwarze H. von Taberg.

κ) Dunkelgrüne blättrige H. von Annaberg.

λ) Schwarze krystallisirte H. von Pargas.

μ) Pargasit

Zwei drittel-kieselsaure Kalkerde mit halb-kieselsaurer Talkerde, *Augit*, — $\dot{Ca}^3\ddot{Si}^2 + \dot{Mg}^3\ddot{Si}^2$

a. Weifse Augite.

Diopside von Piemont, Tammare, Tjötten und Sala — genau nach der Formel.

b. Augite, die mehr Atome Kalk- als Talkerde enthalten.

Salit von Björmyresweden $\dot{Ca}^3\ddot{Si}^2+\dot{Fe}^3\ddot{Si}^2+2[\dot{Ca}^3\ddot{Si}^2+\dot{Mg}^3\ddot{Si}^2]$

c. Augite, die Eisenoxydulbisilicat als wesentlichen Bestandtheil enthalten.

Hedenbergit $\dot{Ca}^3\ddot{Si}^2+\dot{Fe}^3\ddot{Si}^2$

Schwarzgrüner A. von Taberg.

d. Thonerdehaltige, meist schwarze Augite.

Augit von Pargas und der Auvergne. $\dot{Ca}^3\ddot{Si}^2+\left.\begin{matrix}\dot{Mg}^3\\\dot{Fe}^3\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}\ddot{Si}^2\\\ddot{A}^3\end{matrix}\right.$

Zweidrittel-kieselsaures Talkerde-Eisenoxydul.

a Diallage $\dot{Fe}^3\ddot{Si}^2+3\dot{Mg}^3\ddot{Si}^2$

b. Hypersthène $\dot{Fe}^3\ddot{Si}^2+\dot{Mg}^3\ddot{Si}^2$

Drittel-kieselsaures Talkerde-Eisenoxydul, *Yenit von Elba* $\dot{Ca}^3\ddot{Si}+4\dot{Fe}\ddot{Si}$ *)

Cronstedtit v. Przibram **)

F. Silicate von Kalk- und Talkerde mit Thonerde, in denen die alkalischen Erden oft durch Eisen- und Manganoxydul, und die Thonerde zuweilen durch Eisenoxyd ersetzt ist.

Drittel-kieselsaure Kalkerde-Thonerde.

α) Epidot $\dot{Ca}^3\ddot{Si}+2\ddot{Al}\ddot{Si}$

a. Zoisit (genau nach der Formel)

*) Diese Formel stimmt nicht genau mit der Analyse, ist aber die wahrscheinlichste.

**) Nach Steinmann's Analyse (Schweigg. J. XXXIII. p. 469.) würde der Cronstedtit die Formel: $\dot{Mn}^9\ddot{Si}^2+3\dot{F}^9\ddot{Si}^2+26\dot{H}+9[\dot{Mg}^3\ddot{S}+2\dot{Fe}^9\ddot{Si}^2+12\dot{H}]$

b. Pistacit — $\dot{Ca}^3\ddot{Si}+2\ddot{Al}\ddot{Si}$ $+[\dot{Fe}^3\ddot{Si}+2\ddot{Al}\ddot{Si}]$

c. Epidote manganesifère

β) Idocras, Formel nicht mit Sicherheit bestimmt.

a. Gewöhnlicher Idocras, *Vesuvian*,

b. Talkhaltiger Idocras, *Loboit*,

c. Kupferhaltiger Idocras, *Cyprin*,

γ) Essonit, Formel nicht mit Sicherheit bekannt.

a. Essonit von Ceylon, *Kaneelstein*,

b. Essonit von Brasilien

δ) Granat *) — $\dot{R}^3\ddot{Si}+\ddot{R}\ddot{Si}$

1. Kalkgranate, *Aplome*.

a. Schwarzer Granat von Frescati, *Melanit*.

b. Grüner Granat v. Sala.

c. Hellbrauner Granat von Dannemora.

d. Dunkler Gran. v. Långsbanshyttan, *Rothhoffit*.

e. Rother Gr. v. Finnland, *Romanzowit*.

f. Allochroit von Berggieshübel.

bekommen, die aber wohl vor einer abermaligen Untersuchung des Minerals nicht angenommen werden dürfte.

*) In dem ersten Gliede bedeutet $\dot{R}$ gewöhnlich eine Mischung von $\dot{Ca}$, $\dot{Mg}$, $\dot{Fe}$, $\dot{Mn}$, und in dem letzten Gliede $\ddot{R}$ gewöhnlich eine Mischung von $\ddot{Al}$ und $\ddot{Fe}$.

2. Eisen- und Manganoxydul-Granate, *Almandin.*

a. Fahlun-Granat $\dot{Fe}^3\ddot{Si} + \ddot{Al}\ddot{Si}$

b. Finbo-Granat $\dot{Fe}^3\ddot{Si}^2 + \ddot{Al}\ddot{Si} + [\dot{Mg}\ddot{Si} + \ddot{Al}\ddot{Si}]$

c. Broddbo-Granat $\dot{Fe}^3\ddot{Si} + \dot{Fe}\ddot{Si} + 3[\dot{Mg}^3\ddot{Si} + \ddot{Al}\ddot{Si}]$

3. Chromgranat, *Pyrop.*

a. Pyrop von Ceylon.

b. Pyrop aus Böhmen.

Drittel-kieselsaure Kalkerde mit sechstel-kieselsaure Thonerde, *Gehlenit* $2\dot{Ca}^3\ddot{Si} + \left.\begin{matrix}\ddot{Al}^2\\ \ddot{Fe}^2\end{matrix}\right\}\ddot{Si}$

Antophyllit.

Zweidrittel-kieselsaure Thonerde-Talkerde, *Seifenstein*, $\dot{Mg}^3\ddot{Si}^2 + \ddot{Al}\ddot{Si}^2 + 6\dot{H}$

Zweidrittel-kieselsaure Talkerde mit drittel-kieselsaurer Thonerde, *Dichroit.*

a. Blauer Dichr., *Steinheilit*, $\dot{Fe}^3\ddot{Si}^2 + 2\ddot{Al}\ddot{Si} + 2[\dot{Mg}^3\ddot{Si}^2 + 3\ddot{Al}\ddot{Si}]$

b. Rother Dichroit (harter Fahlunit) $\dot{Mg}^3\ddot{Si}^2 + 3\left.\begin{matrix}\ddot{Al}\\ \ddot{Fe}\end{matrix}\right\}\ddot{Si}$

Drittel-kieselsaur. Manganoxydul-Eisenoxydul mit drittel-kieselsaurer Thonerde, *Karpolith*, $\left.\begin{matrix}\dot{Mn}^3\\ \dot{Fe}^3\end{matrix}\right\}\ddot{Si} + 3\ddot{Al}\ddot{Si} + 6\dot{H}$

G. Silicate von Thonerde und Metalloxyden.

Basisch-kieselsaures Thonerde-Eisenoxyd, *Staurotid*, $6\ddot{A}l^4\ddot{S}i + \dot{F}e^4\ddot{S}i$

Basisch-kieselsaures Thonerde-Kupferoxyd, *Allophan*,

H. Silicate, die Beryllerde enthalten.

Kieselsaure Thonerde und Beryllerde.

a. Smaragd und Beryll $\ddot{B}e\ddot{S}i^4 + 2\ddot{A}l\ddot{S}i^2$

b. Euclas $\ddot{B}e\ddot{S}i^2 + 2\ddot{A}l\ddot{S}i$

Basisch-kieselsaure Thonerde mit Beryllerde-Aluminat, *Cymophan*, $\ddot{A}l^4\ddot{S}i + 2\ddot{B}e\ddot{A}l^4$

Drittel-kieselsaures Beryllerde-Eisenoxyd mit zwei drittelkieselsaurem Manganoxydul und Manganoxysulfuretum, *Helvin*, $3\,\dot{M}n\dot{M}n + \dot{M}n^3\ddot{S}i^2 + 2[\ddot{B}e\ddot{S}i + \dot{F}e\ddot{S}i]$

I. Silicate, die Yttererde und Ceroxydul enthalten.

Drittel-kieselsaure Yttererde mit sechstel-kieselsaur. Uranoxydul-Eisenoxydul, *Gadolinit* von *Ytterby*, *Finbo* und *Broddbo*, $\dot{F}e^6\ddot{S}i + 2\dot{Y}^3\ddot{S}i$ $[\dot{C}e^6\ddot{S}i + 2\dot{Y}^3\ddot{S}i]$

Drittel-kieselsaure Yttererde, gemengt mit Silicaten von Kalkerde, Beryllerde, Ceroxydul, Eisenoxydul u. Manganoxydul in anscheinend unbestimmten Verhältnissen u.

in geringer Menge, *Gadolinit* von *Kårarfvet*,	$\dot{Y}^3\ddot{S}i$
Drittel-kieselsaure Verbindungen von Yttererde, Ceroxydul, Thonerde, Kalkerde, Eisenoxydul und Manganoxydul, die noch nicht auf eine bestimmte Formel gebracht werden können.	
Cerin von Bastnäs.	
Orthit von Finbo.	
Pyrorthit von Kårarfvet.	

Titansäure und titansaure Salze.

Titansäure	$\ddot{T}i$
a. Anatas.	
b. Rutil.	
Dreifach titansaurer mit doppeltkieselsaurem Kalk, *Sphène*,	$\dot{C}a\ddot{T}i^3 + \dot{C}a\ddot{S}i^2$
Titansaurer Kalk mit titansaurem Ceroxydul, Uranoxydul, Eisenoxydul u. Manganoxydul, *Pyrochlor* von *Fredriksvärn*,	
Titansaure Zirkonerde, Yttererde, Ceroxydul, Manganoxydul, Eisenoxydul, Kalk u. s. w., *Polymignit* v. *Fredriksvärn.*	
Sogenannter Gadolinit aus Sibirien *)	

*) Ein von Herrn Menge aus Sibirien mitgebrachtes Mineral, das seinem Aeufseren nach für Gadolinit ausgegeben worden ist, aber aus einem Titanate besteht.

Titansaures Eisenoxydul in mehreren Sättigungsstufen, *Titaneisen.*

Tantalsäure und tantalsaure Salze.

Drittel-tantalsaure Kalkerde u. Yttererde, gemengt mit ein wenig wolframsaurem Eisenoxydul, *Dunkler Yttrotantalit* $\left.\begin{matrix}\dot{Y}^3\\ \dot{Ca}^3\end{matrix}\right\}\dddot{Ta}$

Drittel-tantalsaure Kalkerde und Yttererde mit einer bedeutenderen Quantität v. drittelwolframsaurem Eisenoxydul, *Schwarzer Yttrotantal*, $\left.\begin{matrix}\dot{Ca}^3\\ \dot{Y}^3\\ \dot{Fe}^3\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}\dddot{Ta}\\ \ddot{W}\end{matrix}\right.$

Drittel-tantalsaure Yttererde u. Uranoxyd, *GelberYttrotantal, Fergusonit* v. Kikertaursak. $\left.\begin{matrix}\dot{Y}^3\\ \dddot{U}\end{matrix}\right\}\dddot{Ta}$

Neutrales tantalsaures Eisenoxydul-Manganoxydul, *Kimito-Tantalit*, $\dot{Fe}\dddot{Ta}+\dot{Mn}\dddot{Ta}$

Dieselbe Verbindung, gemengt mit einem Stannat derselben Basen, *Finbo-Tantalit*, $\left.\begin{matrix}\dot{Mn}\\ \dot{Fe}\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}\dddot{Ta}\\ \ddot{Sn}\end{matrix}\right.$

Neutrale Tantalate v. Kalkerde, Eisenoxydul u. Manganoxydul, mit Wolframiaten u. Stannaten derselb. Basen, *Broddbo-Tantalit*, $\left.\begin{matrix}\dot{Mn}\\ \dot{Fe}\\ \dot{Ca}\end{matrix}\right\}\left\{\begin{matrix}\dddot{Ta}\\ \ddot{W}\\ \ddot{Sn}\end{matrix}\right.$

Zwei drittel-tantalsaures Eisenoxydul-Manganoxydul, *Bodenmais-Tantalit*, $\dot{Mn}^3\dddot{Ta}^2+\dot{Fe}^3\dddot{Ta}^2$

Tantalit von Haddam in Connecticut.	
Tantaloxyd-Eisenoxydul-Manganoxydul, *Zimmtbrauner Tantalit* von *Kimito*.	

Antimonoxyde.

Antimonoxyd, *Weifsspiesglanzerz*,	$\dddot{S}b$
Antimonige Säure	$\dddot{S}b$
Antimon-Oxysulfuret, *Rothspiesglanzerz*,	$\dddot{S}b + 2\dddot{S}b$

Wolframsäure und wolframsure Salze.

Wolframsäure	$\dddot{W}$
Wolframsaurer Kalk, *Tungstein*,	$\dot{C}a\,\dddot{W}$
Wolframsaures Eisenoxydul-Manganoxydul, *Wolfram*,	$\dot{M}n\,\dddot{W} + 3\dot{F}e\dddot{W}$
Wolframsaures Bleioxyd	$\dot{P}b\dddot{W}$

Molybdänsäure und molybdänsaure Salze

Molybdänsäure von Bispberg	$\dddot{M}o$
Molybdänsaures Bleioxyd	$\dot{P}b\dddot{M}o$

Chromsäure und chromsaure Salze

Chromoxydul, *Chromocker*,	$\ddot{C}h$
Chromoxydul-Eisenoxydul, *Chromeisen* *)	$\dot{F}e\ddot{C}h$
Chromsaures Bleioxyd, *Rothbleierz*	$\dot{P}b\ddot{C}h$

*) Zuweilen mehr oder weniger gemengt mit Eisenoxydul-Aluminat $\dot{F}e\left\{\begin{matrix}\ddot{C}h\\ \dddot{A}l\end{matrix}\right.$ und einige Mal oxydirt zu $\dddot{F}e\ddot{C}h$

Drittel-chromsaures Bleioxyd-Kupferoxd, *Vauquelinit*, $\dot{C}u^3\dddot{C}h + 2\dot{P}b^3\dddot{C}h$

Borsäure und borsaure Salze.

Borsäure, *Sassolin*, $\dddot{B} + 6\dot{H}$

Borsaures Natron, *Tinkal*, $\dot{N}a\dddot{B}o + 10\dot{H}$

Halb-borsaure Talkerde, *Boracit*, $\dot{M}g^2\dddot{B}o$

Neutrale borsaure und doppelkieselsaure Kalkerde, *Datholit*, $\dot{C}a\dddot{B}o + \dot{C}a\ddot{S}i^2$

Halb-borsaure und doppelt-kieselsaure Kalkerde, *Botryolith*, $\dot{C}a^2\dddot{B}o + 2\dot{C}a\ddot{S}i^2 + 2\dot{H}$

Silicate von mehreren Basen mit einem oder mehreren Boraten in geringer Menge, deren Wesentlichkeit ungewifs ist.

Turmalin — $\dot{K}, \dot{L}, \dot{N}a, \dot{M}g, \dot{F}e, \dddot{A}l, \ddot{S}i, \dddot{B}o$

a. Kali-Turmalin, *Schörl*,

b. Lithion- (und Natron-) Turmalin, *Rubellit*, *Tourmaline apyre*,

Axinit — $\dot{C}a, \dot{F}e, \dot{M}n, \dddot{A}l, \ddot{S}i, \dddot{B}o$

Kohlensäure und kohlensaure Salze.

Kohlensäure — $\ddot{C}$

Kohlensaures Natron, *Soda*, $\dot{N}a\ddot{C} + 10\dot{H}$

Trona, $\dot{N}a^2\ddot{C}^3 + 4\dot{H}$

Kohlensaure Baryterde, *Witherit*, $\dot{B}a\ddot{C}$

Kohlensaure Strontianerde, *Strontianit*, $\dot{S}r\ddot{C}$

Kohlensaure Kalkerde, *Kalkspath*, $\dot{C}a\ddot{C}$

Kohlensaurer Natron-Kalk, *Gay-Lussit*, $\dot{C}a\ddot{C} + \dot{N}a\ddot{C} + 6\dot{H}$

Kohlensaurer Baryt-Kalk, *Baryto-Calcit*,	$\dot{Ba}\ddot{C}+\dot{Ca}\ddot{C}$
Kohlensaure Talkerde	$\dot{Mg}\ddot{C}$
a. Magnesia-Marmor von Hoboken.	
b. Magnesit.	
c. Wasserhaltige krystallisirte kohlensaure Talkerde von Hoboken	$\dot{Mg}\ddot{C}+6\dot{H}$
Kohlensaure Kalk- und Talkerde, *Bitterspath*,	$\dot{Ca}\ddot{C}+\dot{Mg}\ddot{C}$
und	$\left.\begin{matrix}\dot{Ca}\\ \dot{Mg}\end{matrix}\right\}\ddot{C}$
Kohlensaures Manganoxydul v. Freiberg (gemengt mit $\dot{Ca}\ddot{C}$ und $\dot{Fe}\ddot{C}$)	$\dot{Mn}\ddot{C}$
Kohlensaures Eisenoxydul, *Braunspath*, *Spatheisenstein*, (gemengt mit $\dot{Ca}\ddot{C}$ u. $\dot{Mn}\ddot{C}$)	$\dot{Fe}\ddot{C}$
Kohlensaures Zinkoxyd, *Gallmey*,	$\dot{Zn}\ddot{C}$
Halb kohlensaures Zinkoxydhydrat, *Zinkblüthe*,	$2\dot{Zn}\dot{H}^3+3\dot{Zn}^2\ddot{C}$
Kohlensaures Zinkoxyd-Kupferoxyd aus Sibirien.	
Kohlensaures Ceroxydul	$\dot{Ce}\ddot{C}$
Kohlensaures Bleioxyd, *Weifsbleierz*,	$\dot{Pb}\ddot{C}$
Neutrales kohlensaures Kupferoxyd mit Kupferoxydhydrat, *Kupferlasur*,	$\dot{Cu}\dot{H}+2\dot{Cu}\ddot{C}$
Halb-kohlensaures Kupferoxyd, *Malachit*,	$\dot{Cu}^2\ddot{C}+\dot{H}$

Arsenige Säure und arseniksaure Salze

Arsenige Säure, *Weifser Arsenik*,	$\dddot{As}$
Arseniksaurer Kalk, *Pharmacolith*,	$\dot{Ca}^2\dddot{As}+6\dot{H}$
und	$\dot{Ca}^2\dddot{As}+4\dot{H}$
Arseniksaures Eisenoxydul	
a. Scorodit	?
b. Neutrales arseniksaures Eisenoxydul mit basisch arseniksaurem Eisenoxyd aus Brasilien	$\dot{Fe}^2\dddot{As}+2\dot{F}\dddot{As}+12\dot{H}$
c. Würfelerz aus Cornwall	$\dot{Fe}^3\dddot{As}+\dot{F}\dddot{As}^2+18\dot{H}$
Basisch arseniksaures Kobaltoxyd von Schneeberg	$\dot{Co}^5\dddot{As}+5\dot{H}$
Arsenigsaures Kobaltoxyd von Schneeberg.	
Halb-arseniksaures Nickeloxyd von Baudenberg.	
Arseniksaures Kupferoxyd aus Cornwall.	

Phosphorsäure und phosphorsaure Salze.

Halb-phosphorsaure Yttererde von Lindesnefs	$\dot{Y}^3\ddot{P}$
Halb-phosphorsaur. Eisenoxydul	$\dot{Fe}^3\ddot{P}+6\dot{H}$, $\dot{Fe}^4\ddot{P}+\dot{H}$
Basisch-phosphorsaures Kupferoxyd.	
a. Von Ehrenbreitstein	$\dot{Cu}^5\ddot{P}+5\dot{H}$
b. Von Libethen	$\dot{Cu}^4\ddot{P}+2\dot{H}$
Basisch phosphorsaure Thonerde.	
a. Wawellit	$\dddot{Al}^4\ddot{P}^3+36\dot{H}$
vermuthlich gemengt mit	$AlF+6\dot{H}$

b. Lazulith von Radelgraben und Kriegluch	$\dddot{Al}^4\dddot{P}^3$ mit $\dot{Mg}^4\dddot{P}$ und $\dot{Fe}^4\dddot{P}$ in veränderlichen Verhältnissen.
c. Kalait.	
Halb-phosphorsaures Thonerde-Lithion, *Amblygonit*,	$\dot{L}^2\dddot{P}+\dddot{Al}^4\dddot{P}^3$
Drei viertel-phosphorsaurer Uranoxyd-Kalk, *Uranit* von *Autun*,	$\dot{Ca}^3\dddot{P}+2\ddot{U}\dddot{P}+24\dot{H}$ gemengt mit $\dot{Ba}^3\dddot{P}$
Dreiviertel-phosphorsaures Uranoxyd-Kupferoxyd, *Chalcolith*,	$\dot{Cu}^3\dddot{P}+2\ddot{U}\dddot{P}+24\dot{H}$

Silicate mit Phosphaten

Sordawalit	$\dot{Mg}^2\dddot{P}+2\dot{H}$ *)

Schwefelsäure und schwefelsaure Salze.

Schwefelsaures Natron, *Glaubersalz* **),	$\dot{Na}\ddot{S}+10\dot{H}$
Schwefelsaures Kalk-Natron, *Glauberit*,	$\dot{Na}\ddot{S}+\dot{Ca}\ddot{S}$
Schwefels. Baryterde, *Schwerspath*,	$\dot{Ba}\ddot{S}$
Schwefelsaure Strontianerde	$\dot{Sr}\ddot{S}$
Schwefelsaure Kalkerde	
a. Anhydrit	$\dot{Ca}\ddot{S}$
b. Gyps.	
Schwefelsaure Talkerde	$\dot{Mg}\ddot{S}+6\dot{H}$

Schwe-

*) Wahrscheinlich gemengt mit einem Fossile, zusammengesetzt aus: $\dot{Mg}^3\ddot{S}^2+\ddot{Al}\ddot{Si}^2+2[\dot{Fe}^3\ddot{Si}^2+\ddot{Al}\ddot{Si}^2]$

**) Hieher ist auch das wasserfreie schwefelsaure Natron (Thenardit) zu rechnen, das Casaseca unweit Aranguez entdeckt hat (Annal. chim. et de phys. XXXII. p. 308.)

Schwefelsaures Kali, schwefelsaure Kalk- und Talkerde, *Polyhalit*	$\dot{K}\ddot{S}+\dot{M}g\ddot{S}+2\dot{C}a\ddot{S}+2\dot{H}$
Schwefelsaures Zinkoxyd, *Zinkvitriol*,	$\dot{Z}n\ddot{S}+6\dot{H}$
Schwefelsaures Eisenoxydul	$\dot{F}e\ddot{S}+6\dot{H}$
Basisch-schwefelsaures und arseniksaures Eisenoxyd, *Eisensinter*,	$\dddot{F}e\dddot{S}^{2}+2\dddot{F}e\ddot{A}s+81\dot{H}$
Drittel-schwefelsaures Kobaltoxyd von Biber	$\dot{C}o^{3}\dddot{S}+8\dot{H}$
Schwefelsaures Bleioxyd, *Bleivitriol*,	$\dot{P}b\dddot{S}$
Schwefelsaures und kohlensaures Bleioxyd.	
Schwefelsaures Thonerde-Kali, *Alaun*,	$\dot{K}\dddot{S}+\ddot{A}l\dddot{S}^{3}+24\dot{H}$
Basisch-schwefelsaures Thonerde-Kali, *Alaunstein*,	
Schwefelsaures Thonerde-Ammoniak, *Ammoniakalaun*,	$\dot{A}H^{3}\dddot{S}+\ddot{A}l\dddot{S}^{3}+26\dot{H}$
Drittel-schwefelsaure Thonerde, *Aluminit*,	$\dddot{A}l\dddot{S}+9\dot{H}$
Basisch-schwefelsaures Uranoxyd von Joachimsthal.	

Silicate von Natron, Kalk u. Thonerde, vereinigt mit Sulphaten.
Lapis Lazuli.
Haüyne und Nosian.

IV. *Verbindungen von Salzbildern.*

Chlormetalle.

Chlornatrium, *Kochsalz*,	$\dot{N}a\dot{C}l$
Chlorammonium, *Salmiak*,	$\dot{A}H^{4}\dot{C}l$

Chlorblei, *Cotunnit*,	$\dot{Pb}\,\dot{Cl}$
Basisches Chlorblei von Mendiff,	$\dot{Pb}\,\dot{Cl}+2\dot{Pb}$
Basisches Chlorkupfer, *Salzsaures Kupfer*,	$\dot{Cu}\,\dot{Cl}+3\dot{Cu}+4\dot{H}$
Chlorsilber, *Hornsilber*,	$\dot{Ag}\,\dot{Cl}$
Chlorquecksilber, *Hornerz*;	$\dot{Hg}\,\dot{Cl}$

Silicate mit Chlormetallen.

Sodalith vom Vesuv	$\dot{N}\,\dot{Cl}+2\ddot{Al}$ $+2[\dot{N}^3\ddot{Si}+2\ddot{Al}\ddot{Si}]$
Sodalith von Grönland	
Pyrosmalith	$\dot{Fe}\,\dot{Cl}^3+\ddot{Fe}\dot{H}^6$ $+4[\dot{Fe}^3\ddot{Si}^3+\dot{Mn}^3\ddot{Si}^2]$
Zweidrittel-kieselsaures Natron, Kalk, Eisenoxydul, Manganoxydul und Zirkonerde mit Chlornatrium, *Eudialyt*,	$\dot{Na}\,\dot{Cl}\begin{cases}\dot{Ca}^3\ddot{Si}^2+\ddot{Zr}\ddot{Si}\\ \dot{Na}^3\ddot{Si}^2+\ddot{Fe}\ddot{Si}\end{cases}$

Phosphate mit Chlormetallen.

Phosphorsaurer Kalk mit Chlorcalcium (letzteres zuweilen durch Fluorcalcium ersetzt), *Apatit*,	$\dot{Ca}\,\dot{Cl}+3\dot{Ca}^3\ddot{P}$
Phosphorsaures Bleioxyd mit Chlorblei, *Grün-Bleierz*,	$\dot{Pb}\,\dot{Cl}+3\dot{Pb}^3\ddot{P}$

Arseniate mit Chlormetallen.

Arseniksaur. Bleioxyd mit Chlorblei, *Arseniksaures Blei*,	$\dot{Pb}\,\dot{Cl}+3\dot{Pb}^3\ddot{As}$

Carbonate mit Chlormetallen.

Kohlensaur. Bleioxyd mit Chlorblei von Matlock	$\dot{Pl}\,\dot{Cl}+\dot{Pb}\dot{C}$

Fluormetalle.

Fluorcalcium, *Flufsspath*,	$\dot{Ca}F$
Fluorcalcium mit Fluoryttrium und Fluorcerium, *Yttrocerit*,	$\dot{Ca}F$, $\dot{Y}F$, $\dot{Ce}F$
a. Von Finbo.	
b. Von Broddbo.	
Fluorcerium, *Flufssaures Cerium*,	$\dot{Ce}F$, gemengt mit $\dot{Ce}F^3$
Fluorcerium mit Fluoryttrium	$\dot{Ce}F$, $\dot{Y}F$
Fluornatrium mit Fluoraluminium, *Kryolith*,	$3\dot{N}aF + \ddot{A}lF^3$

Silicate mit Fluormetallen.

Drittel-kieselsaure Talkerde mit basischem Fluormagnesium, *Chondrodit*,	$\dot{M}n\dot{M}nF^3 + \dot{M}n^3\ddot{S}i$
Drittel-kieselsaure Thonerde mit basischem Fluoraluminium *Topas*, *Pycnit*	$\ddot{\ddot{A}}l\ddot{\ddot{A}}lF^3 + 3\ddot{\ddot{A}}l\ddot{\ddot{S}}i$

(Zu dieser Klasse gehören muthmafslich Hornblende, Karpolith, und vielleicht mehrere andere, in denen der Fluormetall-Gehalt noch nicht gefunden worden ist. Die Fluormetalle verbinden sich, wie die Chlormetalle, mit phosphorscuren Salzen, und wahrscheinlich gehören hieher auch Wawellit, Amblygonit, Wagnerit).

Zweite Klasse. Mineralien, zusammengesetzt nach dem Principe für die Zusammensetzung der organischen Natur.

a. Wenig veränderte organische Stoffe	Humus.
	Torf.
	Braunkohle.
	Dysodil.
b. Fossile Harze	Bernstein.
	Retinasphalt.
	Elastisches Erdpech.
c. Fossile Oele	Naptha.
	Petroleum.
d. Bitumen	Erdpech.
	Asphalt.
Steinkohlen	Steinkohle.
	Kennelkohle.
Salze	Honigstein.

Ich darf bei dieser Gelegenheit nicht unerwähnt lassen, dafs ein Versuch, die Mineralien nach ihrem elektro-negativen Bestandtheile zu classificiren, vor einigen Jahren von dem französischen Mineralogen Beudant gemacht worden ist *).

Zur Annahme dieses Classificationsprincips findet sich Beudant dadurch bewogen, dafs der elektro-negative Bestandtheil einer Verbindung dieselbe auf eine ausgezeichnetere Art characterisirt, als der elektro-positive. Man könnte glauben, dafs zwischen Beudant's System und dem eben angeführten eine grofse Aehnlichkeit herrschen müsse; diefs ist jedoch nicht der Fall.

*) Traité élémentaire de Minéralogie, par F. S. Beudant. Paris 1824.

Das von mir aufgestellte System ist durchaus wissenschaftlich, und gründet sich auf ein rein wissenschaftliches Princip, nämlich auf die elektro-chemischen Beziehungen zwischen den einfachen Körpern. Bessere Beobachtungen dieser Beziehungen oder Erweiterungen unserer jetzigen Kenntnisse können Veränderungen in demselben herbeiführen, aber keine solcher Veränderungen kann willkührlich werden.

Beudant's System dagegen ist seiner Grundlage nach ein künstliches, und stützt sich nur im Einzelnen auf ein wissenschaftliches Princip, nämlich auf das: bei jedem Körper diejenigen Verbindungen aufzuführen, welche er mit elektro-positiven Körpern eingeht. Die artificielle Basis besteht in einer von Ampère gemachten Aufstellung der einfachen Körper, worin dieselben, nach gewissen ihrer äufseren Eigenschaften geordnet, eine in sich selbst zurücklaufende Reihe bilden, nämlich folgende:

Silicium
Bor — Tantal
Kohlenstoff — Molybdän
Wassertsoff — Chrom
Stickstoff — Wolfram
Sauerstoff — Titan
Schwefel — Osmium
Chlor — Rhodium
Fluor — Iridium
Jod — Gold
Selen — Gazolyte — Platin
Tellur — Chroïcolyte — Palladium
Phosphor — Kupfer
Arsenik — Nickel
Antimon — Eisen
Zinn — Kobalt
Zink — Uran
Cadmium — Mangan
Wismuth — Leucolyte — Cerium
Quecksilber — Zirkonium
Silber — Aluminium
Blei — Beryllium
Natrium — Yttrium
Kalium — Magnesium
Lithium — Calcium
Barium — Strontium

Dieser Aufstellung liegen zwei Eigenschaften zum Grunde: 1) Flüchtigkeit, entweder für sich oder in Verbindung mit Chlor und Fluor; durch diese werden die sogenannten Gazolyte bestimmt. 2) Die Farbe der oxydirten Verbindungen; die farblosen werden Leucolyte, die farbigen Chroïcolyte genannt. Ampère's Aufstellung hat, unter einem gewissen Gesichtspunkte betrachtet, recht viel Interesse; aber sie ist nicht so unabhängig von individueller Ansicht, dafs sie als Grundlage einer wissenschaftlichen Aufstellung dieser Körper genommen werden kann. Es bedarf übrigens keiner grofsen Kenntnifs, um einzusehen, dafs die Zurücklaufung der Reihe in sich selbst durchaus künstlich ist, da in derselben, ihrer Gasförmigkeit wegen, drei der ungleichartigsten Körper in der Natur, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff, neben einander gestellt sind. Das Künstliche in dieser Anordnung zeigt sich überdiefs noch dadurch, dafs sich mehrere dergleichen von demselben Interesse aufstellen lassen, z. B. nach den beiden Eigenschaften: Feuerbeständigkeit und Geschmack der Oxyde oder deren Verbindungen. Wie in der vorgehenden Anordnung unter Gasförmigkeit, kann man in dieser unter Feuerbeständigkeit das Ungleichartigste zusammenstellen, und dann die Reihe so bilden, dafs man vom sauren Geschmack zum zusammenziehenden, süfsen, bittern, salzigen, und endlich zum alkalischen übergeht. Alle solche Vergleichungen sind zwar interessant, können aber niemals einen zulässigen Grund für eine systematische Aufstellung der Körper abgeben.

Noch ein Umstand, worin sich Beudant's System sehr wesentlich von dem hier aufgeführten unterscheidet, besteht darin, dafs das elektro-negativste Element, welches die Hauptmasse der elementaren Bestandtheile unserer Gebirge ausmacht, nämlich der Sauerstoff, in diesem Systeme keine eigene Klasse bildet. Diefs ist ein wirklicher Fehler gegen das Princip. Ueberdiefs hat Beu-

dant gesucht, bei jedem Metalle auch seine Oxyde aufführen zu können, und dadurch ist also dieſs System noch künstlicher wie zuvor geworden.

II. *Ueber die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten; von den HH. Colladon und Sturm aus Genf.*

[Aus den Ann. de chim. et de phys. XXXV. p. 113. Diese Abhandlung hat den von der K. Akademie der Wissenschaften zu Paris im J. 1826 ausgesetzten Preis erhalten. Man sehe diese Annalen Bd. 83. S. 260.]

Die Untersuchungen über die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten haben vor andern den Vorzug, dafs sie, bei gehörigen Vorsichtsmafsregeln und guten Apparaten, unter sich vergleichbar und einer hohen Genauigkeit fähig sind. Bei ihnen hat man nicht mit der Schwierigkeit zu kämpfen, dafs mehrere Ursachen gleichzeitig wirken und nicht von einander geschieden werden können, wodurch andere Erscheinungen so schwer zu erforschen sind. Doch darf man darum nicht glauben, dafs diese Untersuchungen ganz ohne Schwierigkeiten seyen. Die Nothwendigkeit, dem Apparate neben einer grofsen Empfindlichkeit auch eine beträchtliche Stärke zu geben, führt Unfälle herbei, in Folge deren man zuweilen eine langwierige Arbeit wieder von vorne beginnen mufs. Deshalb rechnen wir im Voraus auch auf Nachsicht gegen die Unvollkommenheiten, die man etwa in einigen Theilen dieser Abhandlung bemerken könnte. Ueberzeugt, dafs der Hauptverdienst einer Arbeit dieser Art in der möglichsten Genauigkeit der Versuche liege, haben wir weniger gesucht, zahlreiche, als vielmehr recht genaue Resultate zu geben, und uns mehr damit beschäftigt, die Versuche zu wiederholen, als sie zu vervielfältigen. Die-

ser Grundsatz mag es auch rechtfertigen, dafs wir unsere Vorsichtsmafsregeln in Betreff der Anordnung und des Gebrauchs der einzelnen Theile des Apparats so ausführlich beschrieben haben. Eine solche Ausführlichkeit hat uns nöthig geschienen, um unsern Resultaten Glaubwürdigkeit zu verschaffen. Was die angewandten Flüssigkeiten betrifft, so haben wir immer möglichst reine und concentrirte ausgewählt, und vorzüglich auf diejenigen Werth gelegt, deren Zusammensetzung feste Regeln zu befolgen scheint und genau bekannt ist.

Die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten zu messen, kann zwar für mehrere Aufgaben in der Physik und Chemie von Nutzen seyn; allein es hat wenig Werth bei denjenigen Substanzen, die nicht immer von gleicher Beschaffenheit dargestellt werden können, und die deshalb bei jedem Versuche andere Resultate liefern. Es geht hiemit, wie mit den Untersuchungen über die Ausdehnung der Oele. Wenn es sich um Anwendungen derselben zu thermometrischen Bestimmungen handelt, haben diese Messungen einigen Nutzen; aber unter einem allgemeinen Gesichtspunkte betrachtet, können sie nur ein sehr untergeordnetes Interesse darbieten.

Gewifs ist es unmöglich, einige der Flüssigkeiten, mit denen wir gearbeitet haben, von völlig gleicher Beschaffenheit zu erhalten; allein die Verschiedenheit, welche sich im Zustande der möglichsten Reinheit noch bei ihnen finden, scheinen auf ihre Zusammendrückbarkeit keinen merklichen Einflufs auszuüben.

Was den zweiten Theil der Preisfrage, die Bestimmung der Temperaturerhöhung bei der Zusammendrükkung von Flüssigkeiten, betrifft, so waren die in dieser Hinsicht beobachteten Gröfsen so gering, dafs wir sie nicht zu messen vermochten. Deshalb haben wir uns auch nur darauf beschränkt, zu erweisen, dafs es wirklich Flüssigkeiten giebt, bei denen die Zusammendrükkung von einer wahrnehmbaren Wärmeentwickelung be-

gleitet wird. Ueberdiefs haben wir zu ermitteln gesucht, ob die durch Druck hervorgebrachte Zusammenziezung einen merklichen Einflufs auf das elektrische Leitvermögen ausübe. Diese Untersuchung wird zwar in dem Programme nicht verlangt, hat uns aber doch nicht unpassend geschienen, da sie mit dem Gegenstand der Preisfrage in unmittelbarer Beziehung steht.

Die Bestimmung der Geschwindigkeit des Schalls in Flüssigkeiten ist eine der wichtigsten Anwendungen, welche die Messung der Zusammendrückbarkeit dieser Körper zuläfst. Da Newton's Formel für die Geschwindigkeit des Schalls in Luft, von Laplace auf starre und flüssige Körper, deren Compression gemessen werden kann, angewandt worden ist, so bietet die Prüfung dieser Formel einen ausgezeichneten Gegenstand zu Versuchen dar, zumal hiedurch auch ausgemittelt werden kann, ob die Zusammendrückung mit einer merklichen Temperaturerhöhung verbunden ist. Wir haben zu diesem Behufe die Geschwindigkeit des Schalls im Wasser direct gemessen, und gleichzeitig auch die Zusammendrückbarkeit desselben Wassers. Die Uebereinstimmung der Geschwindigkeit, die wir durch diese Beobachtungen gefunden haben, mit derjenigen, die sich aus der Formel unabhängig von jedem Wärmeanwuchs ergiebt, hat die Resultate unserer Versuche, dafs bei der Zusammendrükkung wenig Wärme entwickelt wird, vollkommen bestätigt.

Die gegenwärtige Abhandlung zerfällt in vier Abtheilungen. Die erste handelt von der Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten, die zweite: von der bei der Zusammendrückung entwickelten Wärme, die dritte: von dem Einflufs des Drucks auf das elektrische Leitvermögen der Körper, und die vierte endlich: von der Geschwindigkeit des Schalls im Wasser, verglichen mit der Theorie.

§. 1

Die ersten Untersuchungen der Physiker über die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten schreiben sich vom Ende des 17ten Jahrhunderts her. Damals hatten physikalische Experimentaluntersuchungen, durch Galilei's und Torricelli's Entdeckungen, die Aufmerksamkeit der Gelehrten auf sich gezogen. Mariotte hatte das Gesetz der Zusammendrückung der Luft schon aufgefunden; und die Mitglieder der *Academia del cimento* vereinigten sich zu einer Reihe von gemeinschaftlichen Untersuchungen über die Eigenschaften der Körper und Inponderabilien. Da sie den richtigen Schluſs machten, daſs das Wasser zusammendrückbar seyn müsse, weil es den Schall zu leiten vermöge; so stellten sie eine Menge Versuche an, um die Volumensverringerung desselben sichtbar zu machen. Zu diesem Behufe lieſsen sie am Ende einer langen und engen Glasröhre eine Kugel blasen, und füllten sie und einen Theil der Röhre, der mit einer Skale versehen war, mit Wasser. Hierauf krümmten sie die Röhre und schmolzen an das andere Ende derselben einen Behälter an, der gleichfalls mit Wasser gefüllt war. Hierauf tauchten sie die Kugel in schmelzendes Eis und erhitzten das Wasser in dem Behälter. Indem nun dieses Wasser sich ausdehnte und in die Röhre stieg, comprimirte es die in derselben enthaltene Luft, und übte mittelst dieser einen Druck auf das in der Kugel eingeschlossene Wasser aus.

Es scheint, daſs sie auf diese Weise einen ziemlich starken Druck hervorbrachten, weil sie die Kugel und den Behälter später von Metall verfertigen muſsten, um das Zerbersten derselben zu verhüten. Dennoch nahmen sie keine merkliche Volumensverringerung gewahr. Dieſs würde unerklärlich seyn, wenn nicht einzusehen wäre, daſs durch die Temperaturdifferenz zwischen dem Behälter und der Kugel eine fortwährende Destillation entstehen muſste, welche in dem Maafse, als der Druck zu-

nahm, die Menge des Wassers in der Kugel vermehrte. Hätten sie statt der Luft eine Säule von Oel oder einer ähnlichen Flüssigkeit zur Uebertragung des Druckes angewandt, so würden sie ohne Zweifel die Zusammendrückbarkeit des Wassers wahrgenommen haben.

Bei einem andern Versuche gebrauchten sie in einem Apparate, der dem von Mariotte ähnlich war, eine 24 Fufs hohe Säule von Quecksilber als Druckmittel. Allein da auch hiebei die Resultate nicht entscheidender waren, so füllten sie eine hohle Kugel von Silber ganz mit Wasser, verschlossen sie hermetisch und setzten sie nun einem heftigen Drucke aus. Die Kugel nahm in dem Maafse an Volumen ab, als sie ihre Form verlor; allein es sickerte auch Wasser durch die Poren der Metallhülle und sammelte sich auf der Oberfläche derselben in Tropfen.

Aus diesen Versuchen folgerten sie, nicht dafs das Wasser incompressibel sey, sondern dafs seine Compressibilität nicht auf dem Wege des Experiments sichtbar gemacht werden könne. Und diese Meinung wurde allgemein angenommen.

Im J. 1761 nahm ein genauer Physiker, John Canton, diese wichtige Aufgabe wiederum vor. Nachdem er sich zuvor von der Zusammendrückbarkeit des Wassers überzeugt hatte, machte er sehr genaue Versuche, um die Gröfse derselben zu messen.

Die Arbeit von Canton beschränkte sich nicht blofs auf das Wasser. In einer zweiten Abhandlung, die er bald nach der ersten schrieb, zeigte er, dafs mehrere Flüssigkeiten zusammendrückbar, wie das Wasser, seyen. Seine Methode, die seitdem von Herrn Oersted vervollkommt ist, bestand darin, dafs er die Flüssigkeiten in Apparaten zusammendrückte, die nach Art der Thermometer aus einer grofsen Kugel und einer sehr engen, oben offenen Röhre gebildet waren. Um das Volumenverhältnifs zwischen der Kugel und der capillaren Röhre

zu bestimmen, füllte er jede für sich mit Quecksilber, und wog die Menge desselben in beiden Fällen. Nachdem dieses Volumenverhältnifs bekannt war, versah er die Röhre mit einer in gleiche Grade getheilten Skale; jedes Stück der Röhre, das einem dieser Grade entsprach, war alsdann ein sehr kleiner und bekannter Bruchwerth des Volumens der Kugel. Wenn man die in der Röhre enthaltene Flüssigkeit comprimirt, so theilt sich die Compression der ganzen Masse der Flüssigkeit mit, die in dem Apparate eingeschlossen ist; und wenn sie wirklich compressibel ist, wird die Höhe der Säule in der Röhre abnehmen, und die Volumensverringerung mittelst der Skale an der Röhre gemessen werden können. Wenn aber der Druck nur von innen auf die Kugel wirkt, so dehnt er sie aus und vermehrt ihr Volumen. Um diesem Uebelstande vorzubeugen, brachte Canton seinen Apparat unter einen Recipicienten, in welchem er nun den Druck der Atmosphäre vermehrte oder verringerte; auch hatte er die Kugel in Wasser gestellt, damit die mit der Compression der Luft verbundenen Temperaturveränderungen nicht auf dieselbe einwirken konnten. Da das Ende der Röhre offen war, so erlitt die Kugel von innen und aufsen einen gleichen Druck, und sie konnte also ihr Volumen nicht verändern. Die Depression, welche die Flüssigkeit in dem Rohre erlitt, war folglich genau das Maafs der Verdichtung derselben.

Obgleich diese Versuche mit Sorgfalt angestellt waren, so schenkte man ihnen doch nicht das Vertrauen, welches sie verdienten. Erst durch die berühmten Versuche des Herrn Perkins, und durch die noch genaueren des Herrn Oersted wurde die Aufmerksamkeit der Physiker auf diesen interessanten Gegenstand zurückgerufen. Die Versuche des Ersteren erstrecken sich bis auf Compressionen von dem Gewichte mehrerer Hunderte von Atmosphären; allein seine Resultate können durch zwei Umstände einen nachtheiligen Einflufs erlitten haben; näm-

lich durch das Eindringen von Wasser in die dasselbe umschliefsenden Metallgefäfse, und durch die Schwierigkeit, nach seiner Methode die Anzahl der Atmosphären genau zu schätzen. Dagegen scheinen die Versuche des Herrn Oersted, wegen der von demselben getroffenen Vorsichtsmafsregeln, mehr Zutrauen zu verdienen; allein dieser geschickte Physiker hat nur mit Wasser von einer und derselben Temperatur gearbeitet und keinen gröfseren Druck als den von sechs Atmosphären angewandt. Es blieb also noch übrig: stärkere Compressionen vorzunehmen, nicht blofs mit Wasser, sondern auch mit mehreren anderen Flüssigkeiten von verschiedener Dichte; ferner den Einflufs zu beobachten, den die Temperatur auf die Zusammendrückbarkeit einer jeden von ihnen haben könnte; und endlich zu untersuchen, ob Wärme bei der Zusammendrückung derselben entwickelt werde. Da die Versuche von Canton nicht über drei Atmosphären hinausgehen, so haben sie keinen hinlänglichen Umfang, um gegen Beobachtungsfehler geschützt zu seyn. Das wichtige Gesetz, dafs die Condensation der Flüssigkeiten der Zahl der drückenden Atmosphären proportional sey, verlangte durchaus eine Bestätigung bei stärker zusammendrückbaren Flüssigkeiten, als das Wasser, und durch gröfsere Kräfte, als die von Canton und Oersted angewandten. Auch mufste noch auf die geringe Zusammenziehung der Glashülle, in welche die Flüssigkeit comprimirt wurde, Rücksicht genommen werden.

Verfahren bei den Versuchen.

Der Apparat, dessen wir uns zur Bestimmung der Zusammendrückbarkeit von Flüssigkeiten bedient haben, besteht aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen; der eine, mifst die Volumenverringerung der einem gewissen Drucke unterworfenen Flüssigkeit, und der andere, die Gröfse dieses Druckes. Von der genauen und gleichzeitigen Beobachtung dieser beiden Gröfsen hängt die

Genauigkeit der Resultate ab. Damit ein Jeder beurtheilen könne, welches Zutrauen unsere Messungen verdienen, haben wir geglaubt, zunächst die einzelnen Theile unseres Apparates ausführlich beschreiben, so wie auch die Fehlerquellen, welche auf unsere Resultate Einfluſs gehabt haben könnten, andeuten zu müssen.

Zu unsern Versuchen haben wir die Canton'sche, von Oersted vervollkommte Methode angewandt. Sie besteht, wie schon gesagt, darin, daſs man die Flüssigkeiten in Instrumente einschlieſst, die wir der Kürze halber *Piezometer* nennen wollen, und der Form nach groſsen, oben offenen Thermometern ähnlich sind. Nachdem wir aus einer sehr groſsen Anzahl capillarer, ungefähr einen Meter langer Röhren diejenigen ausgewählt hatten, die auf eine Länge von zwei bis drei Decimeter für vollkommen cylindrisch gehalten werden konnten, theilten wir sie mittelst einer beweglichen Säule Quecksilber in drei oder vier Theile von gleichen Volumen, so daſs eine dieser Abtheilungen den cylindrischen Theil der Röhre einnahm.

Hierauf schmolzen wir an eines ihrer Enden einen langen cylindrischen Behälter (Fig. 1. Taf. II.) *rs* an, der sich bei *s* in eine feine und offne Spitze verlief. Durch sehr genaue Wägungen ermittelten wir das Volumensverhältniſs zwischeu dem Behälter und dem der cylindrischen Theilung der capillaren Röhre. Dazu füllten wir zunächst den Behälter mit Quecksilber bis zum ersten Theilstrich auf der Röhre; darauf gossen wir dieſs Quecksilber in ein Schälchen und wogen dasselbe. Zur Erleichterung dieser Operation diente die offne Spitze *s* am Reservoir.

Um das Volumen der cylindrischen Abtheilung zu bestimmen, brachten wir zunächst in die Capillarröhre eine Säule Quecksilber, von gleicher Länge mit den vier an Volumen gleichen Abtheilungen, und wogen darauf dieſs Quecksilber auf einer sehr empfindlichen Wage. Das Viertel seines Gewichts gab mit groſser Genauigkeit das

Volumen einer cylindrischen Portion, folglich auch das Verhältnifs dieses Volumens zu dem des Behälters.

Hierauf wurde eine in halbe Millimeter getheilte Skale an diese Abtheilung befestigt, und sie hiedurch in eine grofse Anzahl kleiner Theile von gleichen Volumen getheilt. Ueberdiefs war das Verhältnifs ihres Volumens zu dem des Behälters bekannt.

Nun füllte man das Piezometer mit der zu comprimirenden Flüssigkeit bis inclusive zur ersten cylindrischen Theilung, und darauf man verschlofs die Oeffnung *s* des Behälters, die zum Füllen gedient hatte.

Man sollte glauben, es hätte vielen Vortheil, die Capacität des Behälters am Piezometer sehr zu vergröfsern, allein es giebt eine gewisse Gränze, über welche hinaus, die totale Contraction der einem gewissen Druck unterworfenen Flüssigkeit, die Länge der Skale und des cylindrischen Theils der Röhre überschreitet. Sehr selten findet man Röhren, die auf eine Länge von mehr als 4 Decimetern für cylindrisch zu halten sind.

Canton und Oersted gebrauchten einen Index von Quecksilber, um die Bewegung der Flüssigkeits-Säule wahrzunehmen. Wir fanden, dafs dieses Mittel grofse Uebelstände mit sich führt, und verliefsen es daher gänzlich. Dagegen beobachteten wir das Ende der Flüssigkeit selbst, indem wir eine kleine Röhre mit Luft am Ende des Piezometers angebracht hatten, und zwar so, dafs die darin eingeschlossene Flüssigkeit niemals mit der äufseren in Berührung kam. Bei Flüssigkeiten, wie concentrirte Schwefelsäure und Salpetersäure, die Feuchtigkeiten anziehen, gebrauchten wir in der capillaren Röhre einen kleinen Index von Schwefelkohlenstoff. Diese Abänderung war hinreichend, um unsern Versuchen eine Regelmäfsigkeit zu geben, die wir zuvor nicht erhalten konnten. Den Grund hievon wird man leicht einsehen, wenn man erwägt, welche Hindernisse das Quecksilber bei seiner Bewegung in dem capillaren Rohre antrifft. So

ist z. B., wenn man einen Tropfen Quecksilber in eine horizontal befestigte, capillare Glasröhre bringt, oft ein Druck von einem oder zwei Centimeter Quecksilber unzulänglich, um denselben zu bewegen, oder wenn er sich bewegt, geschieht es nicht gleichförmig und stetig, sondern stofsweise.

Wenn man einen Index von Quecksilber gebraucht, so giebt die Beobachtung fast immer eine andere Zusammenziehung als die, welche die Flüssigkeit des Piezometers erleidet. Da überdiefs der innere Druck nicht mehr dem äufsern gleich ist, so leidet die Form der Wände, und wie wenig diefs auch seyn mag, so reicht es doch hin, um die Resultate so empfindlicher Versuche abzuändern. Aufserdem wird dieser Index durch die Flüssigkeiten in Kügelchen getheilt, und bei raschen Compressionen geht er, vermöge der erlangten Geschwindigkeit, über den Punkt hinaus, den er erreichen soll. Endlich darf man nicht glauben, dafs dieser Index die Flüssigkeiten hindere, sich an die Wände der Röhre anzulegen.

Das so verfertigte Piezometer wird in einen dicken Glascylinder *CC* (Fig. 2. Taf. II.) von 12 Decimeter Länge gesteckt, welcher an einem Ende verschlossen und am andern Ende mit einer Zwinge von Kupfer versehen ist, in der sich eine Compressionspumpe bewegt. Zur Seite des Piezometers befindet sich ein Thermometer. Das verschlossene Ende *C* des Glascylinders, welches den Behälter und die Thermometerkugel enthält, ist in einem metallenen Kasten, der mit 50 Cubicdecimeter Wasser gefüllt ist, eingeschlossen. Wir haben dem Wasser, wegen seiner grofsen Wärmecapacität, vor allen übrigen Substanzen den Vorzug gegeben. Zu den Versuchen, die bei einer etwas hohen Temperatur angestellt wurden, setzten wir diesen Kasten in einen zweiten, gröfseren, und füllten den Zwischenraum zwischen beiden mit Sand. Dieser Apparat hatte also hinlängliche Masse, um,

um, während der zu den Versuchen nöthigen Zeit, eine feste Temperatur zu behalten. Der Cylinder konnte nach Belieben zur Seite des Kastens ein wenig gehoben oder gesenkt werden, je nachdem man bei einer niedrigern oder höheren Temperatur als die des Zimmers experimentiren wollte.

Aufser der Temperaturschwankung giebt es noch drei Ursachen, welche die Anzeigen des Piezometers abändern können, nämlich: die Adhäsion der Flüssigkeit zu den Wänden, die Verringerung des Drucks in Folge der Reibung der capillaren Säule, und endlich die geringe Menge Luft, die an den Wänden des Glases haften geblieben ist.

Den ersten beiden begegnet man, wenn man die Resultate bei zunehmenden Compressionen mit denen bei abnehmenden vergleicht, und der letzteren, wenn man die Flüssigkeit in dem Piezometer auskocht und hohe Compressionen anwendet.

Erster Versuch. Gesetz der Zusammenziehung von Flüssigkeiten bei steigendem Drucke.

Ehe wir zu den vergleichenden Versuchen mit verschiedenen Flüssigkeiten übergingen, hielten wir es für wichtig, durch einen vorläufigen, mit grofser Sorgfalt angestellten Versuch zu bestimmen, ob die Zusammenziehung der Flüssigkeiten ein allgemeines Gesetz befolge, aus welchem man die Resultate des Versuchs vorausbestimmen und, mittelst der bei einem Druck von wenig Atmosphären gemessenen Zusammenziehung, auf die durch jeden andern Druck hervorzubringende, schliefsen könnte.

Da diese Untersuchung viele Sorgfalt in der Messung des Drucks, vor allem wenn er grofs war, erforderte, so gebrauchten wir bei derselben eine Säule Quecksilber, welche in mehreren, bis zu einer Länge von 12,3 Metern aneinander geschmolzenen Barometerröhren, aufgerichtet

wurde. Das untere Ende dieser zusammengefügten Röhre ging in einen Kasten von Eisenblech, der 0,1 Meter in der Seite hielt, und mit Quecksilber gefüllt war. Dieser Kasten stand durch eine Metallröhre in directer Communication mit dem Cylinder, welcher das Piezometer enthielt. Der Stempel unserer Compressionspumpe hatte 27 Millimeter im Durchmesser, und einen Lauf von 645 Millimeter, reichte also hin, um das Quecksilber bis zum Gipfel der aufgerichteten Röhre, deren Durchmesser 5 Millimeter betrug, zu erheben. Wegen der Senkung des Quecksilberspiegels im Kasten, im Verhältnifs seines Durchmessers zu dem der Röhre, wurden die Resultate sorgfältig corrigirt. Das Piezometer, dessen wir uns zu diesem Versuche bedienten, hatte auf einer Länge von 47 Centimetern eine vollkommen cylindrische Röhre; die Skale an demselben war in halbe Millimeter getheilt, und so sauber, dafs man noch die Viertel ablesen konnte.

Da auf den Versuch eine ziemlich lange Zeit verstrich, so arbeiteten wir bei der Temperatur 0° C., um während des ganzen Versuchs eine constante Temperatur zu haben.

Die Resultate, die wir hiedurch beim destillirten und durch Sieden von Luft befreitem Wasser erhielten, waren folgende:

Destillirtes Wasser bei 0°.

Druck Atmosphären.	Zusammenziehung bei steigendem Druck. Halbe Millimeter.	sinkendem Druck. Halbe Millimeter.	Druck Atmosphären.	Zusammenziehung bei steigendem Druck. Halbe Millimeter.	sinkendem Druck. Halbe Millimeter.
1	42	42	9	576	
2	112	115	10	640	645
3	179		11	704	
4	248	250	12	771	774
5	316	319	13	836	
6	381	384	14	900	902
7	447		15	967	
8	510	514			

Die Unregelmäfsigkeiten bei diesen Zahlen scheinen uns von der Reibung der Flüssigkeit in dem Haarröhrchen herzurühren, wie es auch die Versuche bei abnehmendem Druck beweisen, welche immer eine etwas gröfsere Zusammenziehung, als die bei zunehmendem Druck, gegeben haben. Trotz aller dieser Unregelmäfsigkeiten ist es unmöglich zu verkennen, dafs die Zusammendrückbarkeit für jede hinzukommende Atmosphäre stets dieselbe ist. Die beiden ersten Zahlen scheinen zwar eine etwas stärkere Zusammenziehung anzudeuten, allein diese Abweichung kann davon herrühren, dafs ein wenig Luft an den Wänden des Piezometers haften geblieben ist.

Aus diesem Versuche glaubten wir anfangs schliefsen zu dürfen, dafs die Flüssigkeiten bei ihrer Zusammenziehung einem ähnlichen Gesetze folgten, wie die starren Körper, welche sich bei gleichen Anwüchsen einer Zugkraft um gleiche Gröfsen verlängern. Allein bei einem ähnlichen Versuche mit Schwefeläther, liefs sich deutlich eine sehr merkliche Abnahme der Zusammenziehung bei Vergröfserung des Druckes wahrnehmen. Da die beim Schwefeläther erhaltenen Zahlen dieselben sind, wie diejenigen, zu welchen wir, mittelst der, bei den vergleichenden Versuchen angewandten, Methode gelangt sind; so sparen wir die Tafel, so wie dazu gehörige Erläuterung bis zum Artikel Alkohol und Schwefeläther auf, woselbst wir diese Zahlen mit denen bei anderen Flüssigkeiten gefundenen zusammenstellen werden.

Messung der Zusammenziehung des Glases.

Wir sagten vorhin, dafs die Flüssigkeiten, deren Zusammendrückbarkeit wir messen wollten, in Glasgefäfsen eingeschlossen waren, die eine Oeffnung hatten, so dafs der Druck inwendig und auswendig auf alle Punkte der Wände gleich stark seyn mufste. Dieser Druck mufste folglich die Wände zusammenziehen und das Volumen des Behälters verringern.

Dieser Schlufs ist darauf gegründet, dafs ein Körper, welcher von einer, einem gewissen Drucke ausgesetzten, Flüssigkeit umgeben ist, nach jeder Dimension eine dem Drucke proportionale Zusammenziehung erleide, und seine Form bei der Volumensverringerung stets der ursprünglichen durchaus ähnlich bleibe. Obgleich dieser Satz nicht durch Versuche erwiesen ist, so ist er dennoch wahr; man kann sich davon überzeugen, wenn man in Gedanken den Körper in eine Menge kleiner Würfel theilt, die alle demselben Drucke unterliegen. Es sey z. B. ein starrer Körper, den wir der Vereinfachung wegen als rectangulär voraussetzen, senkrecht gegen seine Länge in eine Menge aufserordentlich dünner Schichten getheilt. Die beiden äufseren Schichten kommen, wenn sie in entgegengesetzter Richtung gedrückt werden, einander näher, und fahren darin so lange fort, bis die Rückwirkung der zweiten Schichten auf die ersten, genau dem Drucke gleich ist, der auf die Aufsenfläche der letzteren ausgeübt wird. Vermöge des Princips der Gleichheit von Action und Reaction, erleiden die zweiten Schichten auf ihrer den ersten Schichten zugewandten Fläche einen Druck, der demjenigen, welchen diese erfahren, gleich ist. Auf solche Art pflanzt sich die Wirkung bis zur Mitte fort, so dafs eine jede Schicht einen gleichen Druck erleidet, wie die beiden äufseren Schichten.

Dieselbe Schlufsfolge läfst sich auch auf die andern Dimensionen anwenden. Man sieht, dafs sich der Körper in eine grofse Anzahl von Würfeln theilen läfst, die sämmtlich auf jeder ihrer Flächen einen gleichen Druck erleiden, und dafs folglich der zusammengedrückte Körper eine Form behalten mufs, die der vor der Zusammendrückung durchaus ähnlich ist.

Beobachtet man also die Wirkung des Drucks auf eine Flüssigkeit, die in einer Glashülle enthalten ist, so ist die beobachtete Zusammenziehung dieser Flüssigkeit nur die Differenz zwischen der Volumensverringerung der

Flüssigkeit und der einer Glasmasse von gleichem Volumen mit der Flüssigkeit. Um folglich die absolute Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit zu erhalten, mufs man die des Glases genau kennen, und der beobachteten Zusammenziehung hinzufügen.

Die Verlängerung von starren Körpern durch den Zug von Gewichten zu messen, hat grofse Schwierigkeiten. Die Messung läfst sich nicht so leicht wiederholen, wie bei den Flüssigkeiten, und man kann auch nur die lineare Verlängerung und Verkürzung messen, während man bei den Flüssigkeiten die körperliche Zusammenziehung beobachtet. Bei starren Körpern mufs man also Verlängerungen von ungemeiner Kleinheit messen, und dabei jede Temperaturänderung abhalten, denn bei diesen Körpern bedarf es schon mehr als eines mittleren Drucks von 10 Atmosphären, um eine gleiche Zusammenziehung zu bewirken, wie von einer Temperaturerniedrigung von nur einem Grad bewirkt werden würde. Die von uns zu dieser Messung angewandte Vorrichtung ist folgende. Wir nahmen einen völlig geraden Glasstab, von etwas mehr als einem Meter Länge, und hingen ihn gut befestigt mit einem seiner Enden auf. Am andern Ende befestigten wir den Arm einer Wage, die das zum Ziehen bestimmte Gewicht aufnehmen sollte.

Etwas über diesem Ende war ein sehr feiner Stift befestigt, der bestimmt war, sich vor einer mikrometrischen Theilung zu verschieben. Damit diese Theilung immer einen durchaus gleichen Abstand von dem oberen Ende des Stabes behielt, steckten wir denselben in eine Glasröhre, und schmolzen ihn mit seinem oberen Theile an diese an. An das untere Ende der Röhre befestigten wir mit Wachs eine kleine Glasplatte, auf welcher ein Millimeter in 100 Theile getheilt war. Vor dieser Theilung glitt der am Glasstabe befestigte feine Stift vorüber, sobald der Stab sich durch den Zug der angehängten Gewichte verlängerte, und mittelst eines kräftigen Mikros-

kops beobachteten wir die Gröfse dieser Verlängerung. Da der Stab und die Röhre, von dem Punkte ihrer Zusammenschweifsung ab, von einander unabhängig waren, so konnte die Verlängerung des Stabes die Länge der Röhre nicht ändern. Die mikrometrische Theilung befand sich also immer in durchaus gleichem Abstande von der Löthstelle. Dieser Abstand betrug genau einen Meter. Durch eine hölzerne Scheidewand war der Beobachter vom Apparat getrennt, um Temperaturveränderungen zu verhüten. Da die Schwierigkeit, bei einer sehr starken Vergröfserung gleichzeitig die Theilung des Millimeters und das Ende des Stiftes zu beobachten, einige Ungewifsheit in den Resultaten herbeiführte, so wiederholten wir diese Messung mit der Abänderung, dafs wir die Verlängerung mittelst eines doppelten Hebels von sehr ungleichen Armen vervielfachten (Taf. II. Fig. 3. u. 4.). Diese beiden Hebel ruhten auf zwei kleinen Schneiden, die an die Röhre angeschweifst waren. Zwei kleine, zur Seite des Stabes hervorragende Stifte drückten auf das eine Ende dieser Hebel, während das andere Ende derselben, zu einer feinen Spitze ausgezogen, sich vor einer vertikalen Skale bewegte, und daselbst mittelst einer Lupe beobachtet wurde. Da der Stützpunkt von dem Ende dieser Spitze um 4 Decimeter abstand, während derselbe nur um ungefähr 5 Millimeter von dem Punkte, wo sich Hebel und Stab berührten, entfernt war; so erzeugte die Verlängerung des Stabes eine achtzigmal gröfsere Bewegung am Ende des Hebels. Wir gebrauchten zwei Hebel in zwei entgegengesetzten Richtungen, und nahmen aus ihren Anzeigen das Mittel, weil der Stab durch die Wirkung des Zuges sich in einigen Fällen der einen Seite der Röhre näherte. Da diese Näherung sehr gering war, so wurde der daraus entstehende Fehler durch die doppelte Beobachtung hinlänglich berichtigt.

Das Mittel der nach diesen beiden Methoden erhaltenen Resultate gab uns eine lineare Verlängerung von ungefähr 0,06 Millimeter für ein Gewicht von 8 Kilogrammen. Da nun der mittlere Querschnitt des Stabes 13,3 Quadratmillimeter betrug, so war, um einen, dem Drucke einer Atmosphäre gleichen Zug zu bewirken, das Gewicht eines Cylinders von Quecksilber nöthig, der 760 Millim. Höhe und 13,3 Quadratmillim. Grundfläche besafs. Ein solcher Cylinder wiegt 138,3 Grm. Folglich hatten die 8 Kilogrm. einen Zug bewirkt, der dem Druck von 57 Atmosphären gleich kam. Dividirt man die beobachtete Verlängerung, nämlich 0,06 Millim., durch 57; so findet man, dafs die Verlängerung eines Glasstabes von einem Meter Länge, für eine Atmosphäre, 11 Zehnmilliontel beträgt. Ein gleicher Druck würde diesen Stab um dieselbe Gröfse verkürzt haben. Wenn also eine Glasmasse von allen Seiten dem Drucke einer Atmosphäre ausgesetzt wird, so wird jede ihrer Dimensionen um 11 Zehnmilliontel verkürzt, und die Volumensverringerung, welche das Dreifache der linearen Zusammenziehung ist, wird 33 Zehnmilliontel betragen.

Nachdem die Zusammendrückbarkeit des Glases hiedurch bestimmt war, konnten wir unsere Untersuchungen über die der Flüssigkeiten fortsetzen. Die Vorrichtung, welche wir anfangs zur Messung des Druckes angewandt hatten, war mit vielen Schwierigkeiten verknüpft. Durch die Erhebung des Quecksilbers in jener langen Reihe von zusammengelötheten Röhren geschahen häufig Unfälle. Die Nothwendigkeit bis zur Höhe des Quecksilbers hinaufzusteigen, um dieselbe zu messen, zog den Versuch in die Länge. Auch war es ungemein schwierig, diese lange Quecksilbersäule, welche sich an einem der atmosphärischen Luft ausgesetzten Orte befand, stets auf gleicher Temperatur zu erhalten. Auf leichte Ausführbarkeit mufs man aber besonders bei Auswahl der

Versuche sehen, indem sie eine öftere Wiederholung der Beobachtungen gestattet, und dadurch so feinen Versuchen wie diesen die nöthige Sicherheit giebt.

Nachdem wir die Zusammendrückbarkeit des Wassers und Schwefeläthers mit Sorgfalt bestimmt hatten, waren vergleichende Versuche mit verschiedenen Flüssigkeiten unser Hauptziel. Bei dieser Untersuchung bedienten wir uns zur Messung des Drucks eines Luft-Manometers; gaben ihm aber eine solche Einrichtung, dafs seine Anzeigen stets vergleichbar und möglichst übereinstimmend waren.

Bei einigen vorläufigen Versuchen brachten wir diefs Manometer in den horizontalen Cylinder. Hiedurch wurde die von dem Manometer angezeigte Compression genau derjenigen gleich, welche die Flüssigkeit im Piezometer erlitt. Bei einer langen Reihe von Versuchen ist aber diese Methode unzweckmäfsig. Das Innere der Röhre wird bei der Compression bald feucht, und alsdann zertheilt sich sein Quecksilber-Index in mehrere Stücke. Da überdiefs der Cylinder, aber nur einem Theil seiner Länge nach, auf sehr verschiedene Temperaturen gebracht werden mufs, so würde das Manometer unaufhörlich geschwankt haben. Man hätte ihn um vieles verkürzen müssen, und dann wäre er nicht genau gewesen.

Um diesen Unbequemlichkeiten abzuhelfen, brachten wir das Manometer für sich in einen zweiten Glascylinder *), welcher vertikal stand, und durch eine ge-

*) Das in den vertikalen Cylinder eingeschlossene Manometer bestand aus drei Stücken von sehr verschiedenem Durchmesser, so dafs, selbst bei sehr hohen Drucken, die folgweisen Atmosphären um mehrere Grade von einander abwichen. So z. B. war der Abstand der beiden Punkte, die auf der Skale den Atmosphären 18 und 24 entsprachen, in 204 Theile getheilt, von denen jeder gröfser als 2 Millimeter war, also noch leichter den vierten Theil erkennen liefs.

krümmte Röhre von Eisen mit dem ersten Cylinder verbunden war (Taf. II. Fig. 2.).

Dadurch verpflanzte sich der Druck auf das im vertikalen Cylinder enthaltene Wasser und auf das den unteren Theil desselben einnehmende Quecksilber, auf dessen Oberfläche unser Manometer ruhte. Wenn man sich aber darauf beschränkt hätte, nur die Anzeigen des letzteren zu beobachten, so würde der beobachtete Druck keinesweges dem, welchen die Flüssigkeit im Piezometer erlitt, entsprochen haben, weil das Haarröhrchen dieses Piezometers und die Oberfläche des Quecksilbers, welches den vertikalen Cylinder theilweise füllte, nicht im Niveau standen. Zwar hätte man dieses durch eine genaue Messung der Niveaudifferenz in Rechnung nehmen können; allein da diese Beobachtung selbst einigen Fehlern unterworfen war, so zogen wir es vor, die Höhe des Quecksilbers, welche für die im Piezometer enthaltene Flüssigkeit einen Druckanwuchs von einer bestimmten Anzahl von Atmosphären entsprach, durch einen directen Versuch zu bestimmen.

Zu diesem Behufe brachten wir zur Seite dieses Piezometers in dem horizontalen Cylinder ein anderes Manometer an, welches aus drei aneinander gelötheten, gekrümmten Röhren bestand, so dafs seine ganze Länge ungefähr 3 Meter betrug. Ueberdiefs war die letzte dieser Röhren nur halb so grofs im Durchmesser, wie die andern, so dafs ihr Inhalt nur ein Achtel des ganzen Volumens betrug. Nachdem diefs Manometer mit äufserster Sorgfalt in proportionale Theile getheilt war, gebrauchten wir es zur Graduirung des vertikalen Manometers. Da sich nun das Piezometer in derselben Lage mit der graduirten Röhre befand, so folgte, dafs, nach Reduction des vertikalen Manometers auf dieselben Punkte, die Zahl der Atmosphären, durch welche die Flüssigkeit im Piezometer zusammengedrückt wurde, bekannt seyn mufste. Diese directe Messung der Atmosphären hatte

noch den Vortheil, dafs sie anzeigte, ob eine Reibung der Flüssigkeit oder irgend eine andere Ursache einen Einflufs auf die Zusammendrückungen ausübte.

Es waren nur noch die Temperaturveränderungen der in dem Manometer enthaltenen Luft, welche auf die Anzeigen dieses einen merkbaren Einflufs haben konnten, weshalb wir, um diese Aenderungen zu erfahren, zwei kleine Thermometer in den vertikalen Cylinder stellten und sorgfältig beobachteten. Man sieht, dafs wir hiedurch vollkommen vergleichbare Resultate bei den verschiedenen Flüssigkeiten erhalten konnten, und dafs, selbst wenn ein kleiner Fehler in der Theilung dagewesen, dieser Fehler ganz ohne Folgen für die Vergleichung der Resultate seyn mufste, da er bei allen Flüssigkeiten derselbe war.

Man könnte glauben, dafs die Temperaturänderungen, welche bei den Volumensänderungen des Gases im Manometer entstanden, auf die Anzeigen desselben einen Einflufs gehabt hätten; allein dagegen ist zu bemerken, dafs dieses Manometer ganz mit Wasser umgeben war, seine Wände also leicht die durch die Zusammendrükkung entwickelte geringe Menge Wärme verschlucken und fortleiten konnten, und um so mehr, da wir die Zusammendrückungen niemals plötzlich bewerkstelligten, sondern immer ziemlich langsam, um das Zerreifsen der Flüssigkeitssäule in dem Haarröhrchen zu vermeiden.

Die Erfahrung hat uns von dem geringen Einflufs dieser Temperaturerhöhung des Gases überzeugt. Denn, als wir das Manometer rasch bis zu einer gewissen Höhe erhoben, und es genau auf derselben erhielten, gleichzeitig auch die Zusammenziehung der Flüssigkeit sorgfältig beobachteten, hätten wir, wenn die Federkraft der Luft im Manometer durch eine Temperaturerhöhung merklich verändert worden wäre, eine Abnahme in der Zusammenziehung der Flüssigkeit wahrnehmen müssen, weil sich die Kraft, welche nöthig war, um das Quecksilber

auf gleicher Höhe zu erhalten, verringert haben würde, in dem Maafse, als sich die Temperatur wiederum in's Gleichgewicht stellte. Dagegen haben wir aber immer das Entgegengesetzte beobachtet. Die Flüssigkeit nämlich gebrauchte immer eine gewisse Zeit, um bei ihrer Zusammenziehung auf den wahren Punkt zu gelangen.

Die bei Versuchen über die Zusammendrückbarkeit am schwersten zu erfüllende Bedingung ist, wie wir schon gesagt haben, die wegen der Temperaturveränderungen. Denn bei den meisten Flüssigkeiten ist die Zusammenziehung, welche ein Druck von 10 bis 15 Atmosphären bewirkt, kaum derjenigen gleich, welche durch eine Temperaturerniedrigung von einem Grad erfolgt.

Um die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten unabhängig von diesen Variationen zu bekommen, haben wir daher unsere Flüssigkeiten in der Temperatur des schmelzenden Eises erhalten. Diese Temperatur ist fix, immer dieselbe, und am leichtesten zu erhalten.

Nachdem wir das Piezometer in die Röhre gestellt und ajustirt hatten, machten wir eine Reihe von steigenden Zusammendrückungen, von 1 bis 24 Atmosphären, und hierauf eine ähnliche Reihe von abnehmenden Zusammendrückungen. Hiedurch fand sich der Einflufs, den die Reibung der Flüssigkeit in der Röhre ausübte. Dieser ist zwar nicht beträchtlich, aber doch merklich, besonders bei Röhren von sehr kleinem Durchmesser.

Die folgenden Tafeln enthalten die Resultate über Quecksilber, Wasser, Alkohol, Schwefeläther, Schwefelkohlenstoff, Salpeteräther, Schwefelsäure, Salpetersäure, Ammoniakflüssigkeit, Essigsäure, Essigäther und Terpentinöl.

Quecksilber bei 0°

Atmosphären. Druck.	Zusammenziehungen.	Rückwärts	
		Atmosphären.	Zusammenziehungen.
1	242,5	24	270
3	246	20	266
6	250,8	14	259,6
9	254	9	255
12	257	2	245,2
15	260	1,5	244
18	263		
21	266		
24	269,2		
30	275		

Versuche mit Quecksilber bei 0°.

Die Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers mufste wegen dessen grofser Dichte sehr sorgfältig beobachtet werden. Unsere, bis zu 30 Atmosphären getriebene Versuche gaben uns sehr regelmäfsige Resultate, abgerechnet die bei den 4 oder 6 ersten Atmosphären. Das Manometer, welches zu dieser Reihe von Versuchen gebraucht wurde, war verschlossen worden *). Das Barometer stand auf $0^m,706$, das Thermometer auf 9° C.

Druck. Atmosphären.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Rückwärts	
		Atmosphären.	Grade der Skale.
1	242,5	24	270
2	244,8	20	265,9
3	246	14	259,7
4	248	10	256
5	249,6	2	245,2
6	250,8		
8	253		

*) Zu diesem Versuche bestand das Manometer aus einer im horizontalen Cylinder liegenden, getheilten Röhre; dieser Versuch wurde früher gemacht, ehe dieses Manometer in dem vertikalen, besonderen Cylinder angebracht war.

Druck Atmosphären.	Zusammenzieh. Grade der Skale.	Rückwärts Atmosphären.	Rückwärts Grade der Skale.
10	255,1		
12	257		
14	259		
16	260,9		
18	263		
20	265		
22	267		
24	269,1		
30	275		

Von der achten Atmosphäre an entspricht ein Grad der mittleren Zusammenziehung des Quecksilbers jedesmal einer Atmosphäre von $0^m,706$ und der Temperatur 9° C. Da das ursprüngliche Volumen 622,440 von diesen Graden enthielt, so beträgt die Zusammenziehung $\frac{1}{622440}$ des ursprünglichen Volumens. Es folgt hieraus, dafs die Zusammenziehung für eine Atmosphäre von $0^m,76$ gleich ist 1,73 Milliontel. Eine Berichtigung, wegen der Temperatur des Manometers, die damals 9° betrug, ist nicht nöthig. Fügt man 3,3 für die Zusammenziehung des Glases hinzu, so findet man 5,03 für die wahre Zusammenziehung des Quecksilbers. Es ist jedoch zu bemerken, dafs die ersten Atmosphären, selbst bis zur siebenten, ein zu grofses Resultat gegeben haben. Die Zusammendrückbarkeit für die 3 ersten Atmosphären ist fast das Doppelte der übrigen. Die Gleichförmigkeit der folgenden, bis zu 30 Atmosphären erhaltenen Resultate, gestattet nicht diese Abweichung einer Verringerung der Zusammendrückbarkeit des Quecksilbers zuzuschreiben. Wahrscheinlicher ist es, dafs sie von der Schwierigkeit herrührt, eine so beträchtliche Quecksilbermenge, wie die im Piezometer enthaltene, vollständig von Luft zu befreien. Diese Luft mufste, in Folge des Verdichtungsgesetzes der Gase, auf die Resultate unserer ersten Zu-

sammendrückung von Einflufs seyn, allein bald darauf war ihr Volumen so verringert, dafs sie die Resultate nicht mehr stören konnte.

Die von Canton bis zu 3 Atmosphären fortgesetzten Versuche, gaben demselben für das Quecksilber eine Zusammendrückbarkeit von 3 Milliontel. Die so eben angeführte Ursache möchte auch auf seine Resultate von Einflufs gewesen seyn. Unsere ersten Versuche, bis zu 4 oder 5 Atmosphären, gaben ungefähr 3 Milliontel. Diefs ist ein deutlicher Beweifs von der Nothwendigkeit, stärkere Zusammendrückungen anzuwenden, als sich dieser Physiker bedient hat.

Versuche mit destillirtem und durch Sieden von Luft befreitem Wasser bei 0°. Ursprüngliches Volumen =237,300.

Therm. im Manom. 10°.

Atmosphären von $0^m,7466$.	Grade der Skale.	Zusammenziehung für 1 Atmosphäre.
1	211	12
2	223	$11\frac{1}{8}$
4	$245\frac{1}{4}$	$11\frac{3}{8}$
6	268	$11\frac{1}{10}$
8	$290\frac{1}{5}$	12
10	$314\frac{1}{4}$	$11\frac{1}{8}$
12	$335\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{4}$
16	380	$11\frac{1}{4}$
18	$403\frac{1}{3}$	$11\frac{1}{2}$
20	$425\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{5}$
24	$470\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{4}$

Die mittlere Zusammenziehung ist $11\frac{1}{4}$. Reducirt man sie auf Milliontel für eine Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber bei 10°, so erhält man 48 Milliontel.

Die absolute Zusammenziehung ist =51,3 Milliontel.

Versuche mit nicht von Luft befreitem Wasser.

Fast zu allen bisher über die Zusammendrückbarkeit des Wassers gemachten Versuchen, wurde das Wasser durch Sieden von der Luft befreit. Da nun das Wasser bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Baro-

meterstande mehr als ein Fünfundzwanzigstel seines Volumens an atmosphärischer Luft auflösen kann, so war es wichtig zu wissen, welchen Einfluſs dieſs auf seine Zusammendrückbarkeit habe. Auch war diese Untersuchung zur Berechnung der Geschwindigkeit des Schalls im Wasser nöthig. Zu dieser Untersuchung muſste man das Piezometer, ohne es luftleer zu machen, mit Wasser füllen, und die Temperatur desselben nicht erhöhen, aber doch die an den Wänden des Piezometers haftende Luft entfernen. Dieſs gelang uns auf folgende Weise.

Wir sagten, daſs der Behälter unsers Piezometers in eine feine Spitze ausgezogen war. Während diese Spitze offen war, tauchte man das Piezometer in Wasser, worauf es durch die Spitze eindrang. Anfangs lieſs man nur eine kleine Menge Wasser hinein, und kochte es darin, um alle Luft von den Wänden zu vertreiben. Hierauf schüttete man dieſs Wasser aus, und tauchte das Piezometer abermals in das von Luft nicht befreite Wasser. Dadurch füllte sich das Instrument, ohne daſs das Wasser etwas von seiner Luft verloren hatte. Nachdem nun die offne Spitze des Behälters über der Lampe zugeschmolzen war, reichte die Wärme der Hand hin, um die noch etwa darin gebliebenen Luftblasen auszutreiben.

Zusammenziehung des von Luft nicht befreiten Wassers bei 0°.

Atmosphären.	Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	$675\frac{1}{2}$			
3	653	2	$22\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{4}$
4	$642\frac{1}{4}$	1	$10\frac{3}{4}$	$10\frac{3}{4}$
6	$621\frac{1}{2}$	2	$20\frac{3}{4}$	$10\frac{3}{8}$
8	599	2	$22\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{4}$
12	555	4	44	11
18	$489\frac{1}{2}$	6	$65\frac{1}{2}$	10
24	423	6	$66\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{12}$

Diese Tafel führt zu gleichem Schlusse, wie die vorige, nämlich dafs die Zusammenziehungen bei gleichen Anwüchsen im Drucke constant sind. Allein der absolute Werth der Zusammendrückbarkeit für eine Atmosphäre ist nicht mehr dem vorigen gleich, sondern kleiner als der beim luftleeren Wasser. Wasser, welches Luft aufgelöst enthält, ist also weniger zusammendrückbar, als dasjenige, welches von derselben befreit ist. Diefs Resultat haben wir auch bei der Temperatur +4° C. bestätigt gefunden. Die Verhältnisse bei der Zusammendrückbarkeit waren hier dieselben. Die geringere Zusammendrückbarkeit des Wassers, welches Luft aufgelöst enthält, beweist, was man schon wufste, dafs diese Luft darin keinesweges im Zustande einer blofsen Mengung, sondern in dem einer wirklichen chemischen Verbindung enthalten ist.

Die Verschiedenheit in den Resultaten, die mehrere Physiker über die mittlere Zusammendrückbarkeit des Wassers erhalten haben, scheint uns zum Theil davon herzurühren, dafs sie mit einem mehr oder weniger vollständig von Luft befreitem Wasser gearbeitet haben. Eine einmalige Aufkochung reicht z. B. nicht hin, um alle Luft aus dem Wasser zu vertreiben; selbst bei einer dritten und vierten entwickelt sich noch etwas Luft.

Bevor wir diesen Artikel schliefsen, müssen wir bemerken, dafs Canton, welcher die Zusammendrückbarkeit bei einem lufthaltigen Wasser mafs, in den *Philos. Trans.* für 1761 sagt: dafs dessen Zusammendrückbarkeit dieselbe sey, wie beim luftleeren Wasser. Ohne Zweifel war es nur die Schwäche des von ihm angewandten Drucks, welche ihm diesen Unterschied nicht bemerken liefs.

Diese Versuche wurden mit einem Piezometer angestellt, dessen Behälter 271,530 Milligrame Quecksilber zum Fällen erforderte. Das Haarröhrchen war in vier Theile von gleicher Capacität getheilt, und die Menge des

des Quecksilbers, welches diese vier Abtheilungen einnahm, betrug 1578,5 Milligramm. Die zweite Abtheilung, welche vollkommen cylindrisch war, hatte 344 Halb-Millimeter Länge.

Vergleicht man die Quecksilbermafse im Behälter mit der in den vier Abtheilungen des Haarröhrchens, so findet man durch Rechnung, dafs das Volumen des Behälters gleich war 236 736 der Theile gleicher Capacität, von denen die cylindrische Abtheilung des Haarröhrchens 344 in ihrer Länge enthielt.

Zu Anfange des Versuchs füllte die Flüssigkeit, neben dem Behälter noch ein 680 Millimeter langes Stück des Haarröhrchens. Fügt man diese zu dem eben berechneten Volumen des Behälters hinzu, so findet man, dafs das ursprüngliche Volumen der Flüssigkeit 237 416 der kleinen Theile des Haarröhrchens gleich war.

Beim Zusammendrücken der Flüssigkeit, fanden wir deren mittlere Zusammenziehung für eine Atmosphäre gleich 11° der Röhre. Diefs macht $\frac{11}{23741\,6}$ des ursprünglichen Volumens, oder sehr nahe 46,4 Milliontel desselben. Diefs wäre demnach die beobachtete Zusammenziehung für eine Atmosphäre von $0^m,7466$ Quecksilber, bei $10°\frac{1}{4}$ Temperatur der Luft im Manometer. Daraus ist nun die Zusammenziehung für eine Atmosphäre von $0^m,760$ Quecksilber von 10° Temperatur abzuleiten.

Wenn das Manometer die Temperatur 10° gehabt hätte, so würde jede Atmosphäre durch einen Temperaturanwuchs von $\frac{1}{4}$ Grad um $\frac{1}{4}\cdot\frac{1}{2\,6\,6}$ oder um $\frac{1}{9\,5\,4}$ vermehrt worden seyn. Man mufs also die beobachtete Zusammensetzung um den 954sten Theil vermindern, um die durch eine Atmosphäre bei 10° bewirkte Zusammenziehung zu erhalten. So findet man für diese 46,35.

Da nun die Zusammenziehung für eine Atmosphäre von 10° C. und $0^m,7466$ Quecksilber, 46,35 Milliontel beträgt; so folgt daraus, dafs die durch eine Atmosphäre

von $0^{m},76$ und 10° hervorgebrachte Zusammenziehung ungefähr 47,2 Milliontel des ursprünglichen Volumens beträgt.

Aber diefs ist erst die scheinbare Zusammenziehung. Um die wahre zu erhalten, mufs man dieser scheinbaren die körperliche Zusammenziehung des Glases, die wir zu 3,3 berechnet haben, hinzufügen. So erhält man 50,5 Milliontel *) für die Zusammenziehung des lufthaltigen Wassers unter dem Drucke einer Atmosphäre von $0^{m},76$ Quecksilber und 10°.

Versuche mit Alkohol.

Die Zusammenziehung des Alkohols ist nicht so leicht zu bestimmen, wie die des Wassers. Durch die Adhäsion zu den Wänden des Haarröhrchens wird der Alkohol gehindert unmittelbar das ihm zukommende Volumen einzunehmen, und oft das Ende der Alkoholsäule in Unordnung gebracht. Zwar hilft man zum Theil diesem Uebelstande ab, wenn man etwas langsam comprimirt und das Manometer so lange auf demselben Punkt erhält, bis die Säule der Flüssigkeit durchaus unbeweglich erscheint. Allein nur, wenn man das Mittel aus mehrmals wiederholten Versuchen nimmt, und vor allem, wenn man die bei gesteigertem Drucke erhaltene Reihe durch die bei nachgelassenem Drucke berichtigt, gelangt man zu einem genauen Endresultat. Es ist durchaus nöthig, die Zusammenziehung so weit zu treiben, dafs die Zahl der Atmosphären die Fehler aufhebt, welche sich noch in den Beobachtungen finden könnten.

Die regelmäfsigste von drei mit Alkohol gemachten Versuchsreihen, ist folgende.

*) Im Original steht irrigerweise 49,5. Auch die Angaben auf der vorhergehenden Seite scheinen mir einige Unrichtigkeiten und Unbestimmtheiten zu enthalten, über die aber nur die Verfasser genügenden Aufschlufs geben könnten. *P.*

Alkohol bei 11°,6. Ursprüngliches Volumen =152 660 Graden des Haarröhrchens. Thermometer des Manometers $=7\frac{1}{2}°$.

Druck Atmosphär.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck	Unterschiede in der Zusammenziehung	Zusammenziehung für eine Atmospäre.
1	202			
3	235,7	2	27,7	13,85
6	275,5	3	39,8	13,2
12	355,5	6	80,0	13,6
10	434	6	78,5	13,2
24	511	6	77,0	12,8
		Rückwärts.		
24	511			
10	434,5	6	76,5	12,8
12	356	6	78,5	13,1
6	277	6	79	13,19
3	236	3	41	13,6
1	208,5	2	27,5	13,75

Die Zahlen dieser Reihe, vorzüglich die der abnehmenden, die regelmäfsig sind, deuten auf eine merkliche Abnahme in der Zusammendrückbarkeit bei gleichen Anwüchsen des Drucks. Man sieht, dafs sich die stärksten Zusammenziehungen zu den schwächsten verhalten, wie 138:128.

Nimmt man die Mittel, so findet man, dafs die Zusammenziehung beträgt 13,80 für die 2te Atmosphäre, 13,40 für die 9te, 12,75 für die 21ste. Es folgt hieraus, dafs die Zusammenziehung für die 2te, 9te und 21ste Atmosphäre bezugsweise gleich sind 92,87; 90,24 und 85,86 Milliontel; die Atmosphären zu 0^m,76 Quecksilber von 10° Temperatur angenommen. Man sieht also, dafs sich die Zusammendrückbarkeit um ungefähr $\frac{1}{30}$ für jede hinzukommende Atmosphäre vermindert.

Um die wahre Zusammendrückbarkeit zu erhalten, mufs man den beobachteten Zusammenziehungen die des

Glases, d. h. 3,3, hinzufügen. Diefs giebt 96,2; 93,5 und 89 Milliontel.

Versuche mit Schwefeläther.

Die Messung der Zusammendrückbarkeit des Schwefeläthers hat einige Schwierigkeit, weil diese Flüssigkeit stark an den Wänden der Röhre haftet, und nicht unmittelbar das Volumen annimmt, welches dem auf sie einwirkenden Druck entspricht. Diesem zweifachen Uebelstande hilft man ab, wenn man langsam comprimirt und das Manometer einige Zeit auf demselben Grad erhält. Bei einem solchen Verfahren findet man, dafs, bei gleichen Unterschieden im Druck, die Zusammenziehung des Schwefeläthers nicht beständig die nämliche ist. Man ersieht diefs aus der folgenden Tafel.

Schwefeläther bei 0°*).

Atmosphären von $0^m,7466$	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
3	13			
12	148	9	135	15+
18	232	6	84	14
24	312	6	80	$13\frac{2}{3}$

Ursprüngliches Volumen =117 930 Graden des Haarröhrchens.

Man sieht, dafs die Zusammendrückbarkeit sich in dem Maafse verringert, als die Zusammendrückung zunimmt. Für die ersten Atmosphären beträgt sie 15 Grade der Skale, für die letzten aber nur $13\frac{2}{3}$. Wendet man abwechselnd diese beiden Gränzwerthe an, so findet man, dafs die Zusammenziehung des Schwefeläthers, für eine Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber und 10°, wenn der Druck von 3 bis 24 Atmosphären steigt, von 130 bis 118,5 Milliontel abnimmt.

*) Der Stand des Thermometers im Manometer ist nicht angegeben. *P.*

Diesen beiden Gränzwerthen mufs man die Zusammenziehung des Glases 3,3 hinzufügen, um die absolute Zusammenziehung des Schwefeläthers zu erhalten. Die wahre Zusammendrückbarkeit des Schwefeläthers von 0°, nimmt also mit steigender Zusammendrückung ab, und schwankt zwischen 133 und 122 Milliontel.

Schwefeläther von 11°4 C.

Atmosphären von $0^m,7466$.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Drucke.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	658			
3	599	2	59	$29\frac{1}{2}$
6	513	3	86	$28\frac{2}{3}$
12	344	6	169	$28\frac{1}{6}$
18	180	6	164	$27\frac{1}{3}$
24	18	6	162	27

Ursprüngliches Volumen = 199 170 Graden des Haarröhrigen. Thermometer des Manometer = 9° C.

Wenn man $28\frac{2}{3}$ Grade der Skale als Zusammenziehung für die ersten Atmosphären, und 27 als die für die letzten annimmt, findet man, dafs die Zusammenziehung für eine Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber bei 10°, wenn der Druck von 3 bis zu 24 Atmosphären zunimmt, von 146 bis 138 Milliontel abnimmt.

Fügt man diesen Gränzwerthen 3,3 für die Zusammenziehung des Glases hinzu, so sieht man, dafs die wahre Zusammendrückbarkeit des Schwefeläthers, bei jenem steigenden Drucke, von 150 bis zu 141 Milliontel abnimmt.

Mit Ammoniak gesättigtes Wasser.

Die geringere Zusammendrückbarkeit des Wassers, welches Luft aufgelöst enthält, bewog uns zu untersuchen, wie zusammendrückbar eine bei 20° möglichst gesättigte Ammoniaklösung seyn würde. Da die Dichte dieser Lösung ungefähr $\frac{1}{10}$ geringer ist, als die des reinen Wassers, so kann die Abnahme der Zusammendrück-

barkeit, welche wirklich statt findet, nicht von einer Vergrößerung des specifischen Gewichts herrühren. Wir haben das Piezometer mit dieser Flüssigkeit gefüllt, ohne dieselbe zu sieden, und ohne den innern Druck zu verringern, indem wir mittelst der offenen Spitze am Ende des Behälters die Füllung wie beim lufthaltigen Wasser verrichteten. Die folgende Tafel zeigt die merkwürdige Thatsache, dafs das mit Ammoniak gesättigte Wasser weniger zusammendrückbar ist, als das reine Wasser.

Thermometer des Manometers $=10^0$. Ursprüngliches Volumen der Flüssigkeit $=389360$ Graden des Haarröhrchens.

Druck Atmosph.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	580			
4	534	3	46	$15\frac{1}{3}$
8	481	4	53	$13\frac{1}{4}$
$10\frac{2}{3}$	443	$2\frac{2}{3}$	38	$14\frac{1}{4}$
16	375	$5\frac{1}{3}$	68	$12\frac{3}{4}$
		Rückwärts.		
16	378			
$10\frac{2}{3}$	$443\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{3}$	$65\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{4}$
8	481	$2\frac{2}{3}$	$37\frac{1}{2}$	$14\frac{1}{16}$
4	533	4	52	13
1	579	3	46	$15\frac{1}{3}$

Diese Tafel zeigt uns eine merkwürdige Abnahme in der Zusammendrückbarkeit. Die Abnahme ist hier viel merklicher, als bei allen übrigen Flüssigkeiten.

Thermometer des Manometers $=10^0$.

Atmosphären von $0^m,7466$.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede. im Druck.	Unterschiede. in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
4	534			
8	481	4	53	$13\frac{1}{4}$
$10\frac{2}{3}$	444	$2\frac{2}{3}$	37	$13\frac{7}{8}$
16	378	$5\frac{1}{3}$	66	$12\frac{3}{8}$

Ursprüngliches Vol. $=389\ 360$ Grad. des Haarröhrchens.

Die Uebereinstimmung dieser beiden Reihen erlaubt nicht an einen Beobachtungsfehler zu denken, zumal diese Flüssigkeit zu denjenigen gehört, die am leichtesten zu beobachten sind, weil sich bei ihr die capillare Säule nicht zertheilt, wie beim Schwefeläther, Schwefelkohlenstoff u. s. w. Wir müssen überdiefs bemerken, dafs das Piezometer eins von denen war, deren Eintheilung am genausten cylindrisch war.

Nimmt man $13\frac{1}{4}$ als mittlere Zusammenziehung für die ersten Atmosphären an, so findet man, für eine Atmosphäre von $0^m,760$ und 10°, die scheinbare Zusammenziehung $=34,7$ Milliontel, also die wahre $=38$ Milliontel

Salpeteräther bei 0°.

Da die Ausdehnung der Flüssigkeiten im Allgemeinen sehr grofs und veränderlich ist in der Nähe ihres Siedepunktes, so setzten wir voraus, die Zusammenziehung des Salpeteräthers, dessen Siedepunkt bei 21° liegt, müsse unter verschiedenem Drucke merkliche Verschiedenheiten zeigen. Allein es fand sich nur eine sehr geringe Abnahme in der Zusammendrückbarkeit, wie folgende Tafel zeigt.

Druck, Atmosphären von $0^m,7466$.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	$444\frac{1}{2}$			
6	575	5	$69\frac{1}{2}$	$13\frac{9}{10}$
12	$293\frac{3}{4}$	6	$81\frac{1}{4}$	$13\frac{1}{2}$
6	$372\frac{1}{4}$	6	$81\frac{1}{4}$	$13\frac{1}{2}$
18	213	12	162	$13\frac{1}{2}$
24	133	6	80	$13\frac{2}{3}$

Thermometer des Manometers $=10^o$. Ursprüngliches Volumen $=197\ 740$ Graden des Haarröhrchens.

Die mittlere Zusammenziehung ist 13,5, woraus folgt: 13,74 für eine Atmosphäre von $0^m,76$. Diefs macht 68,2

Milliontel für eine Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber bei 10^0.

Die wahre Zusammenziehung ist also $=71,5$ Milliontel.

Essigäther bei 0^0.

Ursprüngliches Volumen $=233900$ Graden des Haarröhrchens.
Thermometer des Manometers $=12^0$.

Druck Atmosphären.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	520			
4	468	3	52	$17\frac{1}{3}$
8	401	4	67	$16\frac{3}{4}$
$10\frac{2}{3}$	$353\frac{1}{2}$	$2\frac{2}{3}$	$47\frac{1}{2}$	$17\frac{3}{4}$
16	272	$5\frac{1}{3}$	$81\frac{1}{2}$	$15\frac{1}{4}$
		Rückwärts.		
16	272			
8	399	8	127	$15\frac{7}{8}$
4	468	4	69	$27\frac{1}{4}$
1	520	3	53	$17\frac{1}{3}$
		Vorwärts.		
4	468			
8	398	4	70	$17\frac{1}{2}$
16	270	8	128	16

Obgleich die Zusammenziehung des Essigäthers bei verschiedenen Graden des Drucks einige Abweichungen darbietet, so sieht man doch, dafs diese Fehler sich gegenseitig aufheben, und dafs die Resultate bei hohem Drucke, verglichen mit denen bei schwachem, eine merkliche Abnahme der Zusammendrückbarkeit, fast in dem Verhältnisse von 17 zu 15,7 anzeigen.

Die Zusammenziehung, reducirt auf eine Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber und 10^0, schwankt von 76 bis 68 Milliontel. Fügt man 3,3, die des Glases hinzu, so erhält man die wahren Werthe der Zusammenziehung.

Chlorwasserstoffäther bei 11°2 C.

Ursprüngliches Volumen =255 340 Graden der Röhre. Thermometer des Manometers =8° C.

Druck Atmosphären.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	383			
3	341	2	42	21
6	280	3	61	$20\frac{1}{3}$
12	159,5	6	120,5	$20\frac{1}{12}$
		Rückwärts.		
6	280			
3	340,5	3	60,5	$20\frac{1}{6}$
1	383	2	24,5	$21\frac{1}{4}$

Von 1 bis 3 Atmosph. beträgt die Zusammenzieh. 82,6 Milliontel.
Von 6 — 12 — — die mittlere Zusammenz. 78,95 —

Fügt man diesen die Zusammenziehung des Glases hinzu, so erhält man für die wahre Zusammenziehung dieses Aethers 85,9 und 82,25.

Essigsäure bei 0°.

Ursprüngliches Volumen =239 060. Therm. Manom. 9°,7.

Druck Atmosphären von 0m,7466.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
4	252	
8	289	$9\frac{1}{4}$
$10\frac{2}{3}$	315	$9\frac{3}{4}$
16	363	9
	Rückwärts.	
16	364	
$10\frac{1}{3}$	316	9
8	291	$9\frac{3}{8}$
4	254	$9\frac{1}{4}$

Nimmt man $9\frac{1}{4}$ als die mittlere Zusammenziehung der Essigsäure an, so wird deren Zusammenziehung

für eine Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber bei 10° gleich 39 Milliontel, und, nach Correction wegen des Glases, die wahre Zusammendrückbarkeit $=42,2$ Milliontel.

Concentrirte Schwefelsäure bei 0°
Thermomet. des Manomet. $=8\frac{1}{2}^\circ$.

Druck Atmosphären von $0^m,7466$.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	324			
4	310	3	14	$4\frac{2}{3}$
8	293	4	17	$4\frac{1}{4}$
12	276	4	17	$4\frac{1}{4}$
16	259	4	17	$4\frac{1}{4}$
	Rückwärts.			
16	259			
12	276	4	17	$4\frac{1}{4}$
8	$292\frac{1}{2}$	4	$16\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{8}$
4	310	4	$17\frac{1}{2}$	$4\frac{3}{8}$
1	$323\frac{1}{2}$	3	$13\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$

Als Mittelwerth der Zusammenziehung unter einer Atmosphäre von $0^m,7466$ und bei einer Temperatur von $8^\circ\frac{1}{2}$ der Luft des Manometers, kann man also $4\frac{1}{4}$ annehmen. Daraus ergiebt sich, dafs die Zusammenziehung, unter einer Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber und 10° Temperatur der Luft des Manometers, sehr nahe $=4,37$ Graden der Skale ist.

Nun betrug das Volumen des Behälters am Piezometer nebst dem, welches die Flüssigkeit in dem Haarröhrchen einnahm, 152 665 Grade dieses Röhrchens. Dividirt man also 4,37 durch 152 665, so findet man die Zusammenziehung der Schwefelsäure bei 0° gleich 28,6 Millionteln; und fügt man die des Glases 3,3 hinzu, so hat man für ihre wahre Zusammenziehung: 32 Milliontel.

Die Schwefelsäure dehnt sich von 0° bis 100° um 0,0588 aus; und da ihr Siedepunkt fast bei 300° liegt,

so mufs ihre Ausdehnung zwischen den Gränzen 0° und 100° ziemlich gleichförmig seyn. Nimmt man an, sie sey für gleiche Temperaturanwüchse gleich, so beträgt die Zusammenziehung der Schwefelsäure für eine Temperaturabnahme von einem Grad 0,000588. Man sieht, dafs diese Zusammenziehung derjenigen gleich ist, welche ein Druck von 20 Atmosphären bewirken würde.

Versuche mit Salpetersäure.

Die Salpetersäure, mit welcher wir arbeiteten, war vollkommen rein, aber nicht sehr concentrirt, denn ihre Dichte betrug 1,403 bei 0°. Wir nahmen sie nur von dieser Dichte, um ihre zu rasche Zersetzung durch das Licht zu verhindern.

Da wir beabsichtigen, vergleichende Versuche mit diesen Säuren bei verschiedenen Temperaturen anzustellen, so war es durchaus nöthig, dafs sie sich einige Zeit hindurch ohne Veränderung im Piezometer erhielt. Ein anderer Beweggrund zur Auswahl einer so verdünnten Säure, war der, dafs die Versuche über die Ausdehnung und specifische Wärme dieser Flüssigkeit mit einer Säure von jenem Grade der Dichte gemacht worden waren. Damit sie keine Feuchtigkeit absorbire, brachten wir einen Tropfen Schwefelkohlenstoff in das Haarröhrchen, den wir auch zugleich als Index gebrauchten.

Salpetersäure bei 0°. Dichte =1,403.
Ursprüngliches Volumen =214 960 Graden der Skale. Thermomet. des Manomet. =$8\frac{1}{2}$°.

Druck Atmosphären von 0m,7466.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	607,5			
4	587	3	20	$6\frac{2}{3}$
8	560	4	27	$6\frac{2}{4}$
12	533	4	27	$6\frac{3}{4}$
16	506	4	27	$6\frac{3}{4}$
32	397	16	109	$6\frac{13}{16}$

Druck Atmosphären von $0^m,7466$.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
		Rückwärts.		
32	397			
16	$505\frac{1}{2}$	16	$108\frac{1}{2}$	$6\frac{3}{4}$
12	$532\frac{1}{2}$	4	27	$6\frac{3}{4}$
8	559	4	$26\frac{1}{2}$	$6\frac{5}{8}$
4	586	4	27	$6\frac{3}{4}$
4	588			
16	507	12	81	$6\frac{3}{4}$
1	614			

Die mittlere Zusammenziehung ist also sehr nahe $=6,75$ Graden des Haarröhrchens, was 32,2 Milliontel beträgt für eine Atmosphäre von $0^m,76$ und $10°$.

Terpentinöl.

Die Versuche mit dem Terpentinöl sind keiner so grofsen Genauigkeit fähig, wie die mit den andern Flüssigkeiten. Das Oel haftet nämlich wegen seiner Zähigkeit stark an den Wänden der Röhre, und dadurch gehindert, mit seinem Ende unmittelbar den richtigen Punkt zu erreichen, wird die scheinbare Zusammenziehung zu grofs.

Terpentinöl bei $0°$.

Ursprüngl. Vol. $=255$ 340 Grad. d. Skale. Thermom. d. Manomet. $=8°$.

Druck Atmosphären von $0^m,7466$.	Zusammenziehung Grade der Skale.	Unterschiede im Druck.	Unterschiede in der Zusammenziehung.	Zusammenziehung für eine Atmosphäre.
1	703			
4	640	3	63	21
8	570	4	70	$17\frac{1}{2}$
12	502	4	68	17
26	432	4	70	$17\frac{1}{2}$
		Rückwärts.		
16	432			
12	502	4	70	$17\frac{1}{2}$
8	571	4	69	$17\frac{1}{4}$
4	641	4	70	$17\frac{1}{2}$
1	704	3	63	21

Nimmt man 17,33 als mittlere Zusammenziehung an, so findet man 69,7 Milliontel für den Normaldruck einer Atmosphäre von $0^m,76$ Quecksilber und $10°$. Die wahre Zusammenziehung des Terpentinöls beträgt also 73 Milliontel.

(Schlufs im nächsten Heft.)

III. *Ueber die unterphosphorichtsauren Salze; von Heinrich Rose* *).

Die unterphosphorichtsauren Salze können auf verschiedene Weisen bereitet werden. Die einfachste Bereitungsart ist die, dafs man eine Base mit Wasser und Phosphor kocht, wodurch Phosphorsäure und unterphosphorichte Säure, die sich mit der Base verbinden, und selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas, das entweicht, entstehen. Indessen nur die feuerbeständigen Alkalien, so wie die Kalkerde, Baryterde und Strontianerde können diese Producte hervorbringen, wenn sie mit Phosphor und Wasser gekocht werden. Da nun auch die phosphorsauren Alkalien, wie die unterphosphorichtsauren in Wasser auflöslich sind, so sind letztere schwer von den erstern zu trennen, und es können daher nur die unterphosphorichtsaure Kalkerde, Baryterde und Strontianerde leicht auf die erwähnte Weise dargestellt werden, da die phosphorsauren Verbindungen dieser Erden im Wasser unauflöslich sind.

Eine zweite Bereitungsart einiger unterphosphorichtsaurer Salze, doch nur der alkalischen, ist die, dafs man unterphosphorichtsaure Kalkerde, die man sich am leichtesten in der gröfsten Menge verschaffen kann, mit einem Ueberschufs von Auflösungen kohlensaurer oder schwefelsaurer Alkalien vermischt, den entstandenen Niederschlag abfiltrirt, die abfiltrirte Flüssigkeit bis zur Trockne

*) Diese Abhandlung ist eine Fortsetzung von der in B. IX. p. 386. dieser Annalen abgebrochenen: Ueber die Verbindungen des Phosphors mit dem Wasserstoffe und den Metallen. Da diese bei der Ausarbeitung sich mehr ausgedehnt hat, als ich es im Anfange vermuthete, und ich einen Theil derselben, die Verbindungen des Phosphors mit den Metallen betreffend, erst nach einiger Zeit werde liefern können, so habe ich es vorgezogen, die Fortsetzungen als eigne Abhandlungen erscheinen zu lassen.

verdampft, und die trockne Masse mit Alkohol behandelt, wodurch nur das unterphosphorichtsaure Alkali aufgelöst wird.

Einige, doch nur sehr wenige unterphosphorichtsaure Salze, können auf die Weise dargestellt werden, dafs man eine Auflösung von unterphosphorichtsaurer Kalkerde mit einem Ueberschufs eines unlöslichen oxalsauren Salzes kocht. Frei von unterphosphorichtsaurer Kalkerde können auf diese Weise nur die unterphosphorichtsaure Talkerde und das unterphosphorichtsaure Manganoxydul bereitet werden. Sehr viele andere im Wasser unlösliche oxalsaure Salze werden zwar durch's Kochen mit einer Auflösung von unterphosphorichtsaurer Kalkerde zersetzt; die Auflösung enthält indessen, selbst wenn man den gröfsten Ueberschufs des unlöslichen oxalsauren Salzes angewandt hat, immer mehr oder weniger unterphosphorichtsaure Kalkerde. Ich werde in einem besondern Anhange zu dieser Abhandlung darüber umständlicher reden. Andere im Wasser unlösliche Salze, deren Säure mit der Kalkerde ein unlösliches Salz bildet, wie z. B. mehrere kohlensaure und phosphorsaure Salze, zersetzen die unterphosphorichtsaure Kalkerde nicht.

Die meisten unterphosphorichtsauren Salze habe ich durch unmittelbare Behandlung der Basen mit reiner unterphosphorichter Säure erhalten. Wird diese durch Zersetzung einer Auflösung der unterphosphorichtsauren Baryterde vermittelst Schwefelsäure bereitet, wie es Dulong vorschreibt, so ist es schwer, sie rein von Schwefelsäure zu erhalten. Ich habe mir reine unterphosphorichte Säure in sehr grofser Menge auf die Art bereitet, dafs ich eine Auflösung von Baryterdehydrat mit Phosphor kochte. Es ist hiebei gleichgültig, ob diese Auflösung Kupferoxyd enthalte, wie diefs der Fall ist, wenn sie durch Zersetzung einer Auflösung von Schwefelbaryum vermittelst eines Ueberschusses von Kupferoxyd erhalten wird. Das Kupferoxyd wird durch's Kochen mit Phosphor und Wasser

reducirt, und das Kupfer mengt sich mit der unlöslichen phosphorsauren Baryterde. Man kocht so lange, bis kein Phosphor mehr vorhanden ist, und die entweichenden Wasserdämpfe nicht mehr nach Knoblauch riechen. Die von der phosphorsauren Baryterde abfiltrirte Flüssigkeit wird durch einen Ueberschufs von Schwefelsäure zersetzt, worauf nun die schwefelsaure Baryterde von der Flüssigkeit getrennt wird, die aus schwefelsäurehaltiger unterphosphorichter Säure besteht. Diese wird darauf mit einem Ueberschusse von Bleioxyd kalt, aber nicht lange digerirt, worauf man die abfiltrirte Flüssigkeit, die eine Auflösung von basisch-unterphosphorichtsaurem Bleioxyd ist, durch einen Strom von Schwefelwasserstoffgas zersetzt. Die vom Schwefelblei abfiltrirte Säure wird darauf bis zu der Concentration eingekocht, wie diese zur Darstellung der Salze erforderlich ist. Es mufs zur Abscheidung der Schwefelsäure ein Ueberschufs von Bleioxyd angewandt werden, weil sonst Bleioxyd, besonders in der Wärme, leicht reducirt wird; es mufs auch die Digestion nur möglichst kurze Zeit dauern, weil aus der Auflösung des basisch-unterphosphorichtsauren Bleioxyds sich nach längerer Zeit ein Theil desselben daraus absondert.

Die unterphosphorichtsauren Salze sind alle auflöslich im Wasser; die meisten auch krystallisirbar. In der Hitze werden sie alle zersetzt und in phosphorsaure Salze verwandelt, während sich Phosphorwasserstoffgas entwickelt. Der gröfste Theil entwickelt dabei selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas, und dann ist der Rückstand ein neutrales phosphorsaures Salz. Bei einigen unterphosphorichtsauren Salzen entwickelt sich durch die Hitze ein nicht entzündliches Gas, das weniger Phosphor als das selbstentzündliche hat; dann ist aber im Rückstand ein Ueberschufs von Phosphorsäure.

Unterphosphorichtsaure Kalkerde. Ich habe dieses Salz in weit gröfserer Menge als andere unterphospho-

richtsauren Salze zu besondern Zwecken dargestellt, denn von diesen Salzen läfst es sich unstreitig am leichtesten und wohlfeilsten in der gröfsten Menge bereiten. Es wurde so dargestellt, dafs ich in einem sehr grofsen Kolben unter einem gutziehenden Schornsteine Wasser, in welchem gebrannter carrarischer Marmor zu einer Milch angerührt worden war, zum Kochen brachte, und hierauf nach und nach Phosphorstangen hineinwarf. Hierbei ist, selbst wenn man mit sehr grofsen Mengen arbeitet, keine Gefahr zu befürchten, wenn man nur dafür sorgt, dafs nicht eher Phosphor in den Kolben geworfen wird, als bis die Flüssigkeit in demselben kocht, mit dem Kochen erst dann aufhört, wenn kein freier Phosphor mehr vorhanden ist, und das verdampfte Wasser immer durch kochendes wieder ersetzt. Das entweichende Phosphorwasserstoffgas brennt nicht an der Luft, weil es mit zu vielen Wasserdämpfen gemengt ist; es leuchtet nur mit grüner Farbe und oxydirt sich nach und nach, verbreitet dabei oberhalb des Schornsteins einen so unangenehmen Knoblauchgeruch, dafs man zur Bereitung dieses Salzes im Grofsen, wenn ungefähr 1 Pfund Phosphor angewandt wird, eine abgelegene Stelle in einer Stadt wählen mufs. Nachdem kein srarker Geruch sich mehr entwickelte, wurde nach dem Erkalten filtrirt und der Rückstand mit Wasser ausgesüfst. Durch die abfiltrirte Flüssigkeit, die aufser der unterphosphorichtsauren auch freie Kalkerde enthielt, wurde Kohlensäuregas geleitet, und darauf so lange mäfsig erwärmt, bis die aufgelöste zweifach-kohlensaure Kalkerde sich in einfach-kohlensaure verwandelt hatte, die abfiltrirt wurde. Will man die unterphosphorichtsaure Kalkerde ganz rein erhalten, so mufs die Auflösung derselben unter der Luftpumpe über Schwefelsäure bis zur Trockne abgedampft werden. Dann erhält man indessen keine regelmäfsige Krystalle, die man wohl bekommt, wenn die Auflösung ziemlich stark durch Erwärmen abgedampft wird, wobei sehr bald die Krystalle

stalle anschossen, weil das Salz im heifsen Wasser nur etwas auflöslicher als im kalten ist. Diese Krystalle bilden breite rechtwinkligt vierseitige Prismen, an den Enden mit einer Zuschärfung mit schieflaufender Endkante begränzt, welche gegen die breite Seitenfläche geneigt ist. Die breite Seitenfläche ist starkglänzend von Perlmutterglanz; ihr parallel geht ein vollkommen blättriger Bruch, die übrigen Flächen haben Glasglanz, sind aber nicht recht glatt. Die Krystalle haben viel Aehnlichkeit mit dem Gypse; sie sind biegsam, aber weit biegsamer als Gyps. Im Alkohol sind sie unauflöslich, und selbst im sehr wäfsrigen lösen sich nur sehr unbedeutende Spuren davon auf. Die Menge des zu ihrer Existenz nöthigen Wassers habe ich schon früher angegeben *). Bei einer gelinden Erwärmung decrepitiren sie so stark, wie ein kein Krystallisationswasser enthaltendes Salz; sie verlieren dadurch Decrepitationswasser. — Das unter der Luftpumpe zur Trockne abgedampfte Salz decrepitirt nicht, und enthält mehr Wasser, als das durch Abdampfung in der Wärme erhaltene. Ich fand im erstern 22,18 Procent, während ich im letztern nur etwas mehr als 18 Procent fand, wovon $1\frac{1}{2}$ Procent Decrepitationswasser sind.

Die Rückstände von der Bereitung des selbstentzündlichen Phosphorwasserstoffgases aus trocknem Kalkhydrat und Phosphor, habe ich auch zur Bereitung der unterphosphorichtsauren Kalkerde angewandt. Sie wurden mit Wasser gekocht, und die Auflösung so behandelt, wie ich es so eben angegeben habe. War indessen bei Bereitung des Phosphorwasserstoffgases eine särkere Hitze angewandt worden, so enthielten die Rückstände fast nur phosphorsaure und freie Kalkerde und Spuren des unterphosphorichtsauren Salzes. Durch zu starke Hitze verschwanden auch diese, und dann hatte der Rückstand eine weifse Farbe, und enthielt nicht Spuren von freier Phos-

*) Poggendorff's Annalen, Bd. IX. S. 367.

phorsubstanz, wie der, der bei Erhitzung der neutralen unterphosphorichtsauren Salze entsteht, wobei ein Theil des entwickelten Phosphorwasserstoffgases durch die Hitze in Wasserstoffgas und Phosphor verwandelt wird, von welchem ein Theil sich sublimirt, ein Theil beim Rückstande bleibt. Im erstern Falle verschwindet durch das freie Kalkhydrat der durch Zersetzung des Phosphorwasserstoffgases entstandene Phosphor. — Ich habe bis jetzt nicht Versuche genug angestellt, um über die Natur der Phosphorsubstanz in den geglühten unterphosphorichtsauren Salzen ein Urtheil zu fällen. Sie entsteht nicht dadurch, dafs etwas Phosphor zurückbleibt, weil derselbe in einer Atmosphäre von sublimirendem Phosphor schwer flüchtig ist; denn erhitzt man Phosphor in einer Retorte mit phosphorsaurer Kalkerde, so kann man durch eine nicht sehr starke Hitze denselben vollständig abtreiben, so dafs weifse phosphorsaure Kalkerde zurückbleibt. Man sollte denken, die röthliche Farbe der geglühten unterphosphorichtsauren Kalkerde rühre von etwas sich gebildetem Phosphorcalcium her. Aber wollte man auch annehmen, dafs dieses Phosphorcalcium einen Ueberschufs von Phosphor enthalte, dafs derselbe bei der Auflösung in Säuren zurückbleibe, so würde bei einer stärkeren Hitze sich Phosphor davon sublimiren, und beim Kochen mit Wasser oder Auflösung in Säuren müfste Phosphorwasserstoffgas entwickelt werden, was nicht der Fall ist. Ich erhitzte geglühte unterphosphorichtsaure Kalkerde sehr stark in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas; es entwickelte sich dadurch Phosphor; der Rückstand blieb aber immer noch etwas röthlich. — Alle ungefärbten unterphosphorichtsauren Salze hinterlassen beim Glühen einen röthlichen Rückstand; wird derselbe in Chlorwasserstoffsäure gelöst, so ist die zurückbleibende Phosphorsubstanz roth. Bei den geglühten gefärbten unterphosphorichtsauren Salzen ist der Rückstand gewöhnlich schwarz oder braun. Der röthliche Rückstand der ungefärbten

unterphosphorichtsauren Salze hat das Merkwürdige, dafs er nur roth bei vollständiger Erkaltung ist. Erhitzt man ihn, so nimmt seine Farbe an Intensität ab, und beim starken Erhitzen ist er vollständig weifs. Beim Erkalten nimmt er die rothe Farbe wieder an. Diesen Versuch kann man mit demselben Rückstande so oft wiederholen, wie man will. Bei den Rückständen der geglühten phosphorichtsauren Salze, wo etwas Aehnliches statt findet, hat diefs schon Dulong bemerkt *).

Unterphosphorichtsaure Baryterde. Sie wurde auf die Art erhalten, welche ich oben angeführt habe. Die Auflösung derselben mufs, wenn das Salz ganz rein erhalten werden soll, wie die des Kalkerdesalzes unter der Luftpumpe bis zur Trockne abgedampft werden. Dann erhält man eine nicht krystallisirte Masse; man bekommt nur Krystalle, wenn man die Auflösung durch's Erwärmen concentrirt und erkalten läfst. Diese gleichen der krystallisirten unterphosphorichtsauren Kalkerde; sie sind wie diese perlmutterglänzend und biegsam, und decrepitiren bei gelinder Erwärmung. In Alkohol sind sie unlöslich. — Das durch's Abdampfen im luftleeren Raume erhaltene nicht krystallisirte Salz enthält etwas mehr als noch einmal so viel Wasser, als das krystallisirte, und decrepitirt nicht. Ich fand den Wassergehalt in demselben von Mengen, die zu verschiedenen Zeiten erhalten wurden, in vier Versuchen zu 21,01, 21,32, 22,99 und 24,25 Procent. Zur Existenz des Salzes sind nur 10,42 Procent nothwendig. Beim Erhitzen giebt es, ehe sich aus ihm selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelt, das überflüssige Wasser ab. Als ich einmal eine Lösung des Salzes unter der Luftpumpe concentrirte, aber nicht bis zur Trockne abdampfen konnte, weil die Schwefelsäure zu wasserhaltig geworden war, erhielt ich Krystalle, die von der Mutterlauge getrocknet auf ihren Wassergehalt untersucht wurden. Ich fand denselben zu

*) Mémoires d'Arcueil, T. III. pag. 421.

14,43 Procent; man kann daher wohl annehmen, dafs, so wie das Salz krystallisirt, es nur so viel Wasser enthält, als zu seiner Existenz nothwendig ist. Ich habe keine Versuche angestellt, um die Ursache dieser sonderbaren Erscheinungen aufzufinden. — Der Wassergehalt des Salzes wurde bei diesen Versuchen auf die Weise gefunden, dafs nur der Gehalt der Baryterde bestimmt wurde; die Menge der unterphosphorichten Säure wurde daraus berechnet, und durch den Verlust der Wassergehalt gefunden.

Unterphosphorichtsaure Strontianerde. Sie wurde durch Kochen von kaustischer Strontianerde mit Phosphor und Wasser, wie die unterphosphorichtsaure Baryterde, erhalten, der sie sehr ähnlich ist. — Aufser der Kalkerde, Baryterde und Strontianerde erhält man durch keine andere Erde unterphosphorichte Säure durch Kochen mit Wasser und Phosphor.

Unterphosphorichtsaures Kali. Es wurde durch Zersetzung einer Auflösung von kohlensaurem Kali und unterphosphorichtsaurer Kalkerde so erhalten, wie es oben angeführt worden ist. Die alkoholische Auflösung des Salzes wurde unter der Luftpumpe über Schwefelsäure abgedampft. Dieses Salz ist das zerfliefslichste, das ich kenne; schon Dulong *) hat bemerkt, dafs es leichter als Chlorcalcium an der Luft zerfliefst. Dessen ungeachtet aber kann eine wäfsrige Auflösung des Salzes über Schwefelsäure im luftleeren Raume bis zur Trockne abgedampft werden; ein Beweis, dafs Schwefelsäure eine stärkere Verwandtschaft zum Wasser hat, als die zerfliefsbarsten Salze. — Man kann das unterphosphorichtsaure Kali auch erhalten, wenn man Kali mit Wasser und Phosphor kocht, die Auflösung langsam bis zur Trockne abdampft, wodurch, wenn noch kaustisches Kali vorhanden ist, dasselbe sich in kohlensaures verwandelt, dann die trockne Masse mit Alkohol behandelt, der das

*) Mémoires d'Arcueil, T. III. pag. 414.

phosphorsaure und kohlensaure Alkali ungelöst zurückläfst.

In einer Retorte geglüht entwickelt dieses Salz selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas, wie die schon beschriebenen unterphosphorichtsauren Salze.

Unterphosphorichtsaures Natron. Dieses Salz wurde auf dieselbe Weise wie das Kalisalz bereitet. Die alkoholische Lösung wurde unter der Luftpumpe abgedampft. Das trockne Salz war perlmutterglänzend und krystallisirt; die Krystalle schienen rechtwinkligt vierseitige Tafeln zu seyn; die Krystallform liefs sich indessen nicht genau bestimmen, weil das Salz sehr schnell an der Luft zerfloſs, doch nicht ganz so schnell wie das Kalisalz. — In einer Retorte geglüht entwickelt es selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas.

Unterphosphorichtsaures Ammoniak. Es wurde aus schwefelsaurem Ammoniak und unterphosphorichtsaurer Kalkerde wie das Kali und Natronsalz erhalten. Es glich dem erstern sehr, ist auch wie dieses sehr stark an der Luft zerfliefsend. In einer Retorte erhitzt, verhält es sich ganz anders wie die übrigen unterphosphorichtsauren Salze. Es entwickelt zuerst Ammoniak; es bleibt wasserhaltige unterphosphorichte Säure zurück, die bei stärkerer Hitze sich so zersetzt, wie es früher angegeben worden ist. Es verhält sich also gerade so wie das phosphorichtsaure Ammoniak.

Unterphosphorichtsaure Talkerde. Kaustische Talkerde mit Phosphor und Wasser gekocht, gab weder Phosphorwasserstoffgas, noch unterphosphorichte Säure. Das Salz wurde auf die Art bereitet, dafs ein Ueberschufs von oxalsaurer Talkerde mit einer Auflösung von unterphosphorichtsaurer Kalkerde lange gekocht wurde. Die abfiltrirte Flüssigkeit abgedampft, gab schöne und grofse Krystalle, die aus regulären Octaëdern bestanden. Sie hatten, aufser der verschiedenen Krystallform, auch sonst im Aeufsern keine Aehnlichkeit mit den Krystallen der

unterphosphorichtsauren Kalkerde. Sie waren ziemlich hart, nicht biegsam und nicht perlmutterglänzend, verwitterten aber in trockner Luft. In einer Retorte erhitzt gaben sie viel Wasser und selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas; sie blähten sich dabei auf, und hinterliefsen, wie das Kalksalz, einen röthlichen Rückstand. — Um den Wassergehalt des Salzes zu bestimmen, wurde es mit Salpetersäure behandelt. 1,311 Grm. auf diese Weise oxydirt, gaben 0,906 Grm. geglühte zweifachphosphorsaure Talkerde. Die unterphosphorichtsaure Talkerde enthält daher 54,92 Procent Wasser, deren Sauerstoffgehalt 48,84 beträgt. Der Sauerstoffgehalt der 15,48 Proc. Talkerde beträgt 5,99. Man kann daher annehmen, dafs das Salz 8 Atome Wasser (16 Atome nach den frühern Atomengewichten von Berzelius) enthalte, während nur $1\frac{1}{2}$ (3) Atome Wasser zur Existenz desselben nothwendig sind. — Dieses Salz auf einen Kalkerdegehalt geprüft, zeigte keine Spur davon, wenn auch zu verschiedenen Zeiten bereitete Mengen darauf untersucht wurden.

Unterphosphorichtsaure Thonerde. Frisch gefällte Thonerde wurde kalt in verdünnter unterphosphorichter Säure aufgelöst, darauf so lange Thonerde hinzugefügt, bis endlich nach langer Digestion ein Theil davon ungelöst zurückblieb. Die filtrirte Auflösung wurde unter der Luftpumpe abgedampft, wobei sie sich zu einem dicken Schleime concentrirte, der erst völlig an trockner kalter Luft zu einer glänzenden, brüchigen, nicht zerfliefsbaren Masse mit glänzendem Bruche eintrocknete, welche im Aeufsern dem weifsen Gummi arabicum sehr ähnlich war. In einer Retorte erhitzt gab sie selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas, und zuletzt ein Gas, das sich nicht von selbst an der Luft entzündete. Der Rückstand war röthlich.

Unterphosphorichtsaure Beryllerde. Sie wurde auf dieselbe Weise wie die unterphosphorichtsaure Thonerde

erhalten. Die Auflösung unter der Luftpumpe abgedampft, gab wie bei letzterm Salze einen dicken Schleim, der an der Luft zu einer harten Masse mit glasigem Bruche eintrocknete.

Unterphosphorichtsaures Manganoxydul. Dieses Salz wurde auf gleiche Weise bereitet, wie die unterphosphorichtsaure Talkerde, durch Kochen eines Ueberschusses von oxalsaurem Manganoxydul mit einer Auflösung von unterphosphorichtsaurer Kalkerde. Die abfiltrirte Auflösung, die keine Kalkerde mehr enthielt, wurde concentrirt, das Salz aber konnte, selbst bei grofsen Quantitäten, nicht zum Krystallisiren gebracht werden, sondern erhärtete zu einer nicht krystallinischen Masse, die, in einer Retorte erhitzt, unter Aufblähen selbstentzündliches Phosphorwasserstoffgas entwickelte.

Unterphosphorichtsaures Kobaltoxyd. Es wurde bereitet, indem feuchtes Kobaltoxyd im Ueberschufs mit unterphosphorichter Säure kalt digerirt, die Auflösung filtrirt und unter der Luftpumpe abgedampft wurde. Das Salz krystallisirt von allen unterphosphorichtsauren Salzen am leichtesten und schönsten. Die Krystalle können von bedeutender Gröfse dargestellt werden; ich habe einige erhalten, deren Axe länger als $\frac{1}{2}$ Zoll war, aus einer Auflösung, die nur 20 bis 30 Grm. des Salzes aufgelöst enthielt. Sie sind von rother Farbe, und bestehen aus regulären Octaëdern, an denen oft die Würfelflächen sichtbar sind. Sie wurden im Wasser aufgelöst, wobei ein sehr geringer Rückstand zurückblieb, und noch einmal unter der Luftpumpe abgedampft. Dann löste sich das Salz vollkommen in Wasser auf. An der Luft verwittern die Krystalle, und überziehen sich mit einem röthlichen Mehle; dasselbe geschieht noch leichter unter der Luftpumpe, wenn das Salz zu lange im luftleeren Raume über Schwefelsäure gelassen wird.

Um den Wassergehalt des Salzes zu finden, wurden 1,072 Grm. mit Salpetersäure oxydirt. Sie gaben

0,769 Grm. geglühtes zweifach-phosphorsaures Kobaltoxyd. Hienach beträgt der Wassergehalt 49,35 Procent; der Sauerstoff des Wassers verhält sich zu dem des Kobaltoxydes, wie 43,89 zu 5,27. Das unterphosphorichtsaure Kobaltoxyd enthält daher gewifs 8 Atome Wasser, wie die unterphosphorichtsaure Talkerde, mit welcher es auch isomorph ist.

In einer Retorte geglüht verhält es sich anders, als die beschriebenen unterphosphorichtsauren Salze. Es entwickelt sich viel Wasser, und dabei ein Gas, von dem keine Blase sich von selbst an der Luft entzündete, aber angezündet brannte es mit starker Phosphorflamme, und durch eine Silberoxydauflösung geleitet, brachte es einen bedeutenden schwarzen Niederschlag hervor. Es sublimirte kein Phosphor. Dabei blähte sich der Rückstand in der Retorte nicht sehr auf, wurde schwarz, und unterschied sich von den Rückständen der meisten andern geglühten unterphosphorichtsauren Salze dadurch, dafs er unlöslich in starker Chlorwasserstoffsäure und in Salpetersäure, auch in Königswasser war. Nur durch concentrirte Schwefelsäure wurde er zersetzt, und durch sie auch nur erst, wenn er fein gepulvert sehr lange damit gekocht wurde Durch Verdünnung mit Wasser löst sich dann Alles vollständig auf. Ich ersah daraus, dafs der Rückstand aus einem sauren phosphorsauren Kobaltoxyde bestehen mufste, denn schon früher hatte ich gefunden, dafs sehr viele saure phosphorsaure Salze in Chlorwasserstoffsäure unlöslich sind.

Bei der Analyse des geglühten Rückstandes, um daraus Schlüsse auf die Zusammensetzung des sich während des Glühens entwickelten Gases machen zu können, stiefs ich auf unerwartete Schwierigkeiten. Nachdem durch Kochen mit Schwefelsäure die Zersetzung erfolgt, und Alles im Wasser aufgelöst worden war, wurde die Auflösung mit Ammoniak gesättigt, und das Kobaltoxyd durch wasserstoffschwefliges Schwefelammonium als Schwefelko-

balt gefällt. Dieses wurde durch Königswasser zersetzt, und aus der Auflösung das Kobaltoxyd durch kaustisches Kali niedergeschlagen. Die Fällung erfolgte vollständig, so dafs in der abfiltrirten Flüssigkeit keine Spur von Kobaltoxyd zu entdecken war. Als indessen das erhaltene Oxyd nach dem Trocknen geglüht und gewogen wurde, konnte es durchaus nicht genau bestimmt werden, weil es nach jedem neuen Glühen sein Gewicht sehr bedeutend veränderte. Es vermehrte sich gewöhnlich sehr bedeutend, wenn auch das Glühen in einem Platintiegel mit gut geschlossenem Deckel geschah, und nach dem Glühen der Tiegel so schnell wie möglich erkaltet wurde. Hatte das Gewicht nach vier bis fünf Glühungen bedeutend zugenommen, so verminderte es sich wohl nachher etwas, aber nur sehr unbedeutend, gewöhnlich nur um einige Milligramm. Diese Gewichtsvermehrung rührt von gebildetem Superoxyde her, das durch eine Rothglühhitze, oder eine Hitze, die durch eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge hervorgebracht werden kann, nicht wieder in Oxyd verwandelt wird. Diese nach und nach erfolgende Bildung von Superoxyd macht es unmöglich, bei quantitativen Analysen das Kobaltoxyd nach der Fällung unmittelbar zu bestimmen. Man kann nur dahin gelangen, wenn man das Oxyd nach dem Glühen wiegt, es dann durch Wasserstoffgas in regullinisches Kobalt verwandelt, und aus dem Gewichte desselben das des Oxyds berechnet. Während oder auch nach der Reduction vermittelst Wasserstoffs mufs das Metall sehr stark geglüht werden, weil es sonst bei schwächerer Erhitzung, wie Magnus gezeigt hat, sich pyrophorisch an der Luft oxydirt. Diese Methode, das Kobaltoxyd zu bestimmen, giebt ein sehr genaues Resultat, wovon ich mich durch besondere Versuche überzeugt habe. — Beim Glühen des durch kaustisches Kali gefällten Nickeloxydes findet keine Gewichtsvermehrung statt, weshalb man dasselbe unmittelbar durch Glühen und Wiegen bestimmen kann.

0,798 Grm. Rückstand vom geglühten unterphosphorichtsauren Kobaltoxyd gaben, auf die beschriebene Weise analysirt, 0,354 Grm. Kobaltoxyd und 0,444 Grm. Phosphorsäure, aus dem Verlust gefunden, deren Sauerstoffmengen 0,076 und 0,249 Grm. sind, und sich wie $1:3\frac{1}{4}$ verhalten. Beim Glühen des Salzes verbrennt indessen etwas Gas in der Retorte, wodurch die Menge der Phosphorsäure vermehrt wird; ferner enthält der Rückstand, wie bei allen geglühten unterphosphorichtsauren Salzen, etwas freien Phosphor, der in diesem Falle eine schwarze Farbe hat, dessen Menge aber nicht, wie bei der Analyse der andern Rückstände, bestimmt werden konnte, da er die Schwefelsäure beim Kochen zersetzte. Von der Gegenwart derselben kann man sich indessen überzeugen, wenn man den schwarzen Rückstand, der, mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, seine Farbe behält, mit Salpetersäure digerirt. Er wird dadurch roth, während etwas Salpetersäure zersetzt wird und sich einige Luftblasen entwickeln. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs die Sauerstoffmenge vom Kobaltoxyd und von der Phosphorsäure sich im geglühten unterphosphorichtsauren Kobaltoxyde wie 1:3 verhalten. Ist diefs der Fall, so hat sich beim Glühen ein Atom Phosphor, verbunden mit fünf Atomen Wasserstoff (zehn Atomen nach den älteren Atomengewichten), als Gas verflüchtigt, das also in seiner Zusammensetzung dem gleich ist, das durch Glühen des phosphorichtsauren Bleioxyds und einiger anderer phosphorichtsaurer Salze entsteht. Beim Glühen des unterphosphorichtsauren Kobaltoxyds zersetzen sich daher 5 Atome desselben auf die Weise, dafs 5 Atome Kobaltoxyd mit 3 Atomen Phosphorsäure verbunden zurückbleiben, während 4 Atome Phosphor mit 20 Atomen Wasserstoff entweichen. Es werden daher 10 At. Wasser zersetzt, also nur der vierte Theil des Krystallwassers des Salzes. Zur Existenz des Salzes sind daher 2 Atome Wasser nothwendig, während andere unter-

phosphorichtsaure Salze, die beim Glühen selbstentzü liches Phosphorwasserstoffgas entwickeln, $1\frac{1}{2}$ At. Wasser nothwendig enthalten müssen *).

Die Analyse des Rückstandes wurde mit zwei andern Quantitäten wiederholt. Es wurden gleiche oder ähnliche Resultate erhalten; der Sauerstoffgehalt des Kobaltoxyds verhielt sich zu dem der Phosphorsäure, wie $1:3\frac{1}{4}$ und $1:3\frac{1}{3}$.

Unterphosphorichtsaures Nickeloxyd. Es wurde ganz auf dieselbe Weise bereitet, wie das Kobaltsalz. Die unter der Luftpumpe abgedampfte Auflösung krystallisirte lange nicht so schön und leicht, wie das unterphosphorichtsaure Kobaltoxyd. Die Krystalle waren grün; sie schienen Würfel und mit dem Kobaltsalze isomorph zu seyn. Beim Glühen in einer Retorte wurde das Salz erst gelb, indem es Wasser verlor, dann blähte es sich sehr auf, und gab ein Gas, von welchem sich nicht eine einzige Blase von selbst an der Luft entzündete, das aber, angezündet, mit starker Phosphorflamme brannte und eine Silberoxydauflösung sehr stark trübte. Der Rückstand war schwarz, und wie der des Kobaltsalzes in Chlorwasserstoffsäure unauflöslich; er bestand also aus einem sauren phosphorsauren Nickeloxyde. Das entwichene Gas war daher gewifs dasselbe, wie das, das beim Glühen des unterphosphorichtsauren Kobaltoxyds entwickelt wird.

Unterphosphorichtsaures Cadmiumoxyd. Kohlensaures Cadmiumoxyd im Uebermafs wurde noch feucht mit unterphosphorichter Säure digerirt, und die abfiltrirte Flüssigkeit unter der Luftpumpe abgedampft. Die Form der erhaltenen Krystalle war wegen ihrer geringen Gröfse nicht zu bestimmen. Beim Glühen in einer Re-

*) Die Zersetzung des unterphosphorichtsauren Kobaltoxyds durchs Glühen kann bildlich so vorgestellt werden: $5\dot{C}+5\dot{P}+10Aq. = (5\dot{C}+3\ddot{P})+(2P+20H)$.

torte entwickelte es eine Menge Gas, von dem nur zuletzt einmal eine Blase sich an der Luft entzündete; bei andern kleinern Quantitäten entwickelte sich Gas, von welchem keine Blase an der Luft sich entzündete; es zeigte sich indessen in allen Fällen im Halse der Retorte sehr viel Phosphor. Der Rückstand war sehr leicht in Chlorwasserstoffsäure auflöslich; es blieb nur eine kleine Menge brauner Phosphor ungelöst. 1,958 Grm. des Rückstandes hinterliefsen 0,018 Grm. Phosphor bei der Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure. Die Auflösung, durch welche ein Strom von Schwefelwasserstoffgas geleitet wurde, gab 1,243 Grm. Schwefelcadmium, dem 1,103 Grm. Cadmiumoxyd entsprechen. Der Rückstand bestand daher im Hundert aus 56,86 Cadmiumoxyd und 43,14 Phosphorsäure, deren Sauerstoffmengen 7,14 und 24,17 sich ungefähr wie 1:3½ verhalten. Obgleich dieser Rückstand in der Zusammensetzung dem ähnlich ist, der beim Glühen des unterphosphorichtsauren Kobaltoxyds entsteht, so ist es sehr unwahrscheinlich, besonders aus Gründen, die ich später anführen werde, dafs das beim Glühen entwickelte Gas in beiden Fällen eine gleiche Zusammensetzung hat. Das Glühen war in einer ziemlich grofsen Retorte geschehen, in welcher sich das Salz entzündete, ehe das Gas ordentlich angefangen hatte sich zu entwickeln. Die leichte Auflöslichkeit des Rückstandes in Chlorwasserstoffsäure spricht auch dagegen, und die Erscheinung einer ziemlich bedeutenden Menge Phosphor, die beim Glühen des unterphosphorichtsauren Kobalt und Nickeloxyds nicht wahrgenommen wurde, macht es wahrscheinlich, dafs in diesem Falle sich das selbstentzündliche Gas durch die Hitze in Wasserstoffgas und Phosphor zersetzt habe.

Unterphosphorichtsaures Zinkoxyd. Es wurde erhalten, indem destillirtes Zink mit verdünnter unterphosphorichter Säure warm digerirt wurde. Es löste sich darin unter Wasserstoffgasentwickelung auf; die Auflö-

sung, unter der Luftpumpe abgedampft, gab ein krystallisirtes Salz, dessen Krystallform nicht erkannt werden konnte. In einer Retorte geglüht, blähte es sich sehr auf, und gab ein Gas, das sich gewöhnlich nicht an der Luft entzündete; nur einmal brannte eine Blase von selbst. Der Rückstand war in Ghlorwasserstoffsäure leicht löslich.

(Schluſs im nächsten Hefte.)

IV. *Ueber die Bildung des Schwefeläthers; von HH. Dumas und Boullay d. j.*

(Aus den Ann. de chim. et de phys. XXXVI. p. 294.)

Die mannigfaltigen Umwandlungen, welche der Alkohol durch die Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure erleidet, gehören zu den merkwürdigsten Erscheinungen in der organischen Chemie. Vier besondere Verbindungen, nämlich: Schwefeläther, Doppelt-Kohlenwasserstoff, Weinöl und Schwefelweinsäure gehen je nach den Umständen aus dieser Einwirkung hervor, und jede derselben besitzt so merkwürdige Eigenschaften, daſs wir es für nöthig gehalten haben, die ihre Bildung begleitenden Erscheinungen einer sorgfältigen Untersuchung zu unterwerfen.

Noch vor wenigen Jahren schien die so einfache und genügende Theorie, welche die HH. Fourcroy und Vauquelin von der Aetherbildung gegeben haben, auf den sichersten Grundsätzen zu beruhen. Nach diesen berühmten Chemikern, entzieht die Schwefelsäure dem mit ihr gemischten Alkohol einen Antheil Wasser, und bildet ihn dadurch in Aether um. Gegen das Ende der Operation, wenn der Alkohol abgenommen und die Temperatur sich erhöht hat, tritt eine neue Reaction ein, in Folge welcher schweflige Säure und Weinöl gebildet werden.

Diese eben so einfache als geschlossene Theorie wurde bald allgemein angenommen. Auch erhielt sie eine grofse Bestätigung durch die merkwürdigen Versuche von Theodor de Saussure. Dieser geschickte Beobachter bewies nämlich, dafs sowohl der Alkohol wie der Schwefeläther aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in solchen Verhältnissen bestehen, dafs sie Wasser und Doppelt-Kohlenwasserstoff bilden, und da er überdiefs zeigte, dafs der Schwefeläther weniger Wasser als der Alkohol enthält, so konnte kein Zweifel an der Richtigkeit, der von Fourcroy und Vauquelin aufgestellten Theorie übrig bleiben.

Späterhin bestimmte Hr. Gay-Lussac die Dichte des Alkohol- und Aetherdampfs, und zog daraus ähnliche Schlüsse, aber zugleich wurde durch die von ihm erhaltenen Resultate die Zusammensetzung des Aethers sehr wesentlich berichtigt. Er zeigte nämlich, dafs man beide Körper als bestehend aus Wasser und Doppelt-Kohlenstoff in einfachen Volumenverhältnissen ansehen könne, und dafs diesemnach der Alkohol aus gleichen Volumen Wasserdampf und Doppelt-Kohlenwasserstoff, der Schwefeläther dagegen aus zwei Volumen Doppelt-Kohlenwasserstoff und einem Volumen Wasserdampf gebildet sey.

Bis dahin schien alles die Theorie von Fourcroy und Vauquelin gegen jeden Angriff sicher zu stellen Indefs hatte Hr. Dabit sonderbare Bemerkungen über eine bei der Aetherbildung entstehende eigenthümliche Säure gemacht. Diese, durch die späteren Versuche von Hrn. Sertürner, Vogel und Gay-Lussac bestätigten Bemerkungen, haben das Daseyn einer neuen Säure kennen gelehrt, die der Unterschwefelsäure ähnlich ist, aber darin von derselben abweicht, dafs sie beständig mit einem ätherischen Oele verbunden ist. Es leidet also keinen Zweifel mehr, dafs wenn Alkohol und Schwefelsäure zur Aetherbildung auf einander einwirken, sich erzeugen:

1) Schwefeläther, d. h. Alkohol, dem die Hälfte seines Wassers entzogen worden; 2) Weinöl, dessen Zusammensetzung noch unbekannt ist; 3) Unterschwefelsäure, und 4) eine Art von ätherischem Oele, das diese Säure begleitet und seiner Zusammensetzung nach unbekannt ist.

Nachdem diese Thatsachen auf eine glaubwürdige Art erwiesen waren, meinten viele Chemiker, die Theorie von Fourcroy und Vauquelin sey umgestofsen. Andere dagegen: dafs sie wohl einige Abänderungen erleiden, der Hauptsache nach aber unangefochten bleiben werde. Diefs hatte eine Menge von Versuchen zur Folge, deren Erwähnung oder Widerlegung überflüssig seyn würde. Denn die alte Theorie ist der Ausdruck einer Thatsache geworden, seitdem die Analyse des Alkohols und Aethers, bestätigt durch die Dichte des Dampfes beider Körper, bekannt gemacht worden ist. Um diese Theorie umzustürzen, mufs man erweisen, dafs der Alkohol und Aether nicht die Zusammensetzung haben, welche man ihnen beilegt. Diefs ist die Meinung einiger Chemiker; wir aber hoffen zu beweisen, dafs sie im Irrthum sind.

Ist die Zusammensetzung des Alkohols und Aethers wohl bekannt, so ist klar, dafs Fourcroy und Vauquelin das Daseyn der Unterschwefelsäure übergehen, und sich über die Erzeugung des Weinöls irren konnten, ohne dafs dadurch die Ursache, welcher sie die Bildung des Aethers zuschrieben, aufhörte die wahre zu seyn. Diefs ist auch, was wir aus den folgenden Versuchen in aller Strenge folgern können. Wir haben uns begnügt, eine genaue Analyse der erwähnten Substanzen anzustellen, aus deren Resultaten dann die Theorie von selbst hervorgeht.

Zerlegung des Alkohols. Der von uns untersuchte Alkokol besafs alle Eigenschaften des reinsten und wasserfreisten Alkohols. Er war zu mehreren Malen über Chlorcalcium rectificirt, und hatte bei 18° C. Tempera

tur eine Dichte von 0,7915. Er siedete unter einem Druck von 0^m,745, bei 76° C.

Die Zusammensetzung dieses Alkohols stimmt, nach unsern Versuchen, vollkommen mit der, welche sich aus der Dichte seines Dampfes und den so höchst sinnreichen Betrachtungen, die Hr. Gay-Lussac vor langer Zeit über die Erscheinungen der geistigen Gährung bekannt gemacht hat, ergiebt. Folgendes sind die Resultate des Versuchs und die der Rechnung:

	beobachtet	berechnet
Kohlenstoff	52,37	52,28
Wasserstoff	13,31	13,02
Sauerstoff	34,61	34,70
	100,29	100,00.

Die Versuche wurden nach einem gröfseren Maafsstabe als dem gewöhnlichen angestellt, um der Analyse eine höhere Genauigkeit zu geben. Wir verbrannten immer mehr als einen Gramm Alkohol mittelst Kupferoxyd. Das Wasser, wie die Kohlensäure, wurde mit Sorgfalt gesammelt. Der Sauerstoff dagegen wurde berechnet, indem wir das Kupferoxyd durch Wasserstoffgas vollends reducirten. Da hiedurch der Sauerstoff des Oxyds vor und nach der Analyse bekannt war, so wurde daraus die an den Alkohol abgetretene Sauerstoffmenge hergeleitet. Da ferner der Sauerstoff der Kohlensäure und der des Wassers gleichfalls bekannt war, so konnte man daraus den Sauerstoffgehalt des Alkohols bestimmen.

Unsere Resultate bestätigen also die von Theodor de Saussure und Gay-Lussac vollkommen. Ihren Werth wird man aus folgenden, ihnen zum Grunde liegenden, Angaben beurtheilen können.

angewandt				in 100		
Alkohol.	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.	Kohlenst.	Wasserst.	Sauerst.
1^g,742	0^g,9070	0^g,2036	0^g,6024	52,06	13,23	34,58
1,502	0,7824	0,1989	0,5190	52,09	13,24	34,55
1,660	0,8792	0,2206	0,5565	52,96	13,46	34,72
			Mittel	52,37	13,31	34,61

Wir-

Wir haben immer, wie man sieht, etwas mehr Wasserstoffgas, als die Rechnung giebt, gefunden; allein die Personen, die sich mit dergleichen Versuchen beschäftigt haben, werden wissen, wie schwierig diese Klippe zu vermeiden ist. Wir glauben demnach hierauf nicht weiter achten zu müssen, und betrachten es als wohl erwiesen, dafs der Alkohol, wie Hr. Gay-Lussac gezeigt, aus einem Volumen Doppelt-Kohlenwasserstoff und einem Volumen Wasserdampf besteht.

Zerlegung des Schwefeläthers. Dieselben Vorsichtsmafsregeln, mit denen wir uns reinen Alkohol verschafften, wurden auch angewandt, um den Aether frei von aller Beimengung zu erhalten. Wir selbst bereiteten uns diesen Körper, wuschen ihn sorgfältig zur Entfernung allen Alkohols, und rectificirten ihn über Chlorcalcium, bis seine Eigenschaften durch diese Operation nicht mehr verändert wurden. So dargestellt, hatte er, bei 20° C. Temperatur, eine Dichte von 0,713. Unter einem Druck von 0^m,745 kam er bei 34° C. zum Sieden.

Folgendes sind die Resultate unserer Analyse des reinen Schwefeläthers:

Kohlenstoff	65,10	65,04	65,01
Wasserstoff	13,52	13,95	14,08
Sauerstoff	21,05	21,34	21,33
	99,67	100,33	100,42

Wie beim Alkohol, zerlegten wir eine etwas starke Quantität, nämlich ungefähr einen Gramm.

Vergleicht man diese Zahlen mit denen, welche die Rechnung liefert, so überzeugt man sich von der Richtigkeit der Ansichten, die, nach den schönen Untersuchungen der HH. de Saussure und Gay-Lussac, bisher über die Zusammensetzung des Aethers angenommen worden sind.

	beobachtet	berechnet
Kohlenstoff	63,05	64,96
Wasserstoff	13,85	13,47
Sauerstoff	21,24	21,57
	100,14	100,00

Wie in der Analyse des Alkohols, findet man hier einen kleinen Ueberschufs von Wasserstoff; aber dennoch bleibt es klar, dafs der reine Aether aus einem Volumen Doppelt-Kohlenwasserstoffgas und einem halben Volumen Wasserdampf zusammengesetzt ist.

Zerlegung des Weinöls. Das, welches wir untersuchten, war vom Aether durch Destillation abgeschieden, wobei es, da es erst bei einer hohen Temperatur siedet, in der Retorte zurückbleibt. Darauf liefs man es sieden, bis es zum Theil überging. Endlich zog man es über Chlorcalcium und ein wenig Kali ab.

So bereitet hat es bei 10°,5 Temperatur eine Dichte von 0,9174.

Das Weinöl ist nichts anders als ein Kohlenwasserstoff, der aber durch das Verhältnifs seiner Bestandtheile von allen bis jetzt untersuchten abweicht. Wir haben nämlich gefunden, dafs dieser Körper besteht aus

			berechnet
Kohlenstoff	88,36	88,80	88,94
Wasserstoff	11,64	11,20	11,06
	100,00	100,00	100,00

Das berechnete Resultat stützt sich auf die Annahme, dafs dieser Körper aus 4 Vol. Kohlendampf und 3 Vol. Wasserstoffgas gebildet sey; eine sehr einfache Zusammensetzung, die aber demnach sehr verschieden ist von der aller bisher bekannten Arten von Kohlenwasserstoff. Wir werden überdiefs sehen, dafs diese Zusammensetzung eine nothwendige Folge der Art von Reaction ist, durch welche das Weinöl entsteht, und werden in den folgenden Versuchen die so eben angeführte Zusammensetzung

nicht blofs auf das klarste bestätigt finden, sondern auch zu einer Theorie gelangen, die diese Zusammensetzung unvermeidlich macht.

Zerlegung des schwefelweinsauren Baryts. Wir haben die Schwefelweinsäure in der Verbindung mit Baryt analysirt. Das Verfahren dabei war folgendes. Das Wasser wurde durch den Verlust im trocknen Vacuo bei der Temperatur 160° C. bestimmt, der schwefelsaure Baryt durch Rothglühen, und der Kohlenstoff und Wasserstoff durch Kupferoxyd auf die gewöhnliche Weise. Bei der letzteren Bestimmung entwickelt sich keine Spur von schwefliger Säure, wodurch sie sehr einfach wird. Es entweicht zwar ein wenig Kohlenwasserstoff, allein dieſs wurde sorgfältig in Rechnung genommen. Die Resultate mehrerer unserer Versuche waren folgende:

53,30	54,00	schwefelsaurer Baryt
14,65	14,85	schweflige Säure
11,32	10,33	Kohlenstoff
1,46	1,39	Wasserstoff
19,31	20,00	Wasser
100,00	100,57	

Die Zusammensetzung des öligen Stoffs würde also in 100 seyn:

Kohlenstoff	88,37
Wasserstoff	11,63

Dieser Stoff ist also Weinöl. Und dieses angenommen, besteht das schwefelweinsaure Baryt aur einem At. unterschwefelsauren Baryt, zwei At. Weinöl und fünf At. Wasser $= \dot{Ba}\,\ddot{\dot{S}} + 2\dot{H}^3 C^4 + 5\dot{H}$. Dieſs beweist die folgende Zusammensetzung;

	beobachtet	berechnet
Unterschwefelsaurer Baryt	68,40	67,37
Weinöl	12,25	12,27
Wasser	19,65	20,36
	100,30	100,00

Zerlegung des schwefelweinsauren Kupferoxyds. Diefs Salz wurde mittelst Zersetzung des schwefelweinsauren Baryts durch schwefelsaures Kupferoxyd bereitet. Die, zur Syrupsconsistenz abgedampfte Masse gestand zu einer krystallinischen Masse. Sie wurde zwischen Josephspapier getrocknet, worauf ein grünliches Salz in krystallinischen Körnern übrig blieb.

Bei der Analyse wurde es durch Glühen in Kupferoxyd verwandelt; 5 Theile lieferten 1,07 Th. Oxyd. Darauf wurden 5 Th. mit einem Gemenge von chlorsaurem und kohlensaurem Kali verpufft; der Rückstand, in Wasser gelöst und mit Chlorbaryum gefällt, gab 6,30 schwefelsauren Baryt. Endlich wurden Kohlenstoff, Wasserstoff und Wasser durch Verbrennung mittelst Kupferoxyd bestimmt. Dadurch fand sich:

Kupferoxyd	21,40
Unterschwefelsäure	38,98
Kohlenstoff	12,42
Wasserstoff	1,61
Wasser	25,59
	100,00

ein Resultat, welches mit der Formel: $\dot{Cu}\dddot{S} + 2C^4H^3 + 5\dot{H}$ übereinstimmt. Man hat nämlich:

	beobachtet	berechnet
Unterschwefelsaures Kupferoxyd	60,38	60,83
Weinöl	14,03	14,72
Wasser	25,59	24,45
	100,00	100,00

Zerlegung des doppelt-schwefelweinsauren Bleioxyds. Dieses Salz erhält man durch Sättigung des Aether-Rückstandes mit kohlensaurem Bleioxyd. Selbst bei der Siedhitze und bei einem grofsen Ueberschufs von kohlensaurem Blei bleibt die Flüssigkeit sauer; nach Filtration, Abdampfung und Erkaltung läfst sie ein weifses Salz in

Nadeln von schönem Seidenglanz und völliger Durchsichtigkeit anschiefsen. Dieses Salz, wohl abgetröpfelt und zwischen Papier getrocknet, behält dennoch seine saure Reaction. Durch Bleioxydhydrat kann man es neutral und selbst alkalisch machen; da aber diese Salze Mischungen von Salzen verschiedener Sättigungsstufen enthalten konnten, so haben wir es vorgezogen, das saure Salz zu analysiren.

100 Th. gaben nach Einäscherung 42,8 schwefels. Bleioxyd, bestehend aus 31,49 Oxyd und 11,31 Schwefelsäure. 100 Th. mit Salpetersäure behandelt, gaben 133 schwefels. Baryt, entsprechend 45,71 Schwefelsäure, d. h. dem Vierfachen von der im schwefelsauren Bleioxyd enthaltenen. Endlich wurden Kohlenstoff, Wasstoff und Wasser wie beim Baryt bestimmt. Die Resultate waren:

31,49	Bleioxyd
40,71	Unterschwefelsäure
13,80	Kohlenstoff
1,67	Wasserstoff
12,33	Wasser.
100,00	

übereinstimmend mit der Formel: $\dot{Pb}\,2\dot{\dot{S}} + 4\,C^4\,H^3 + 5\,\dot{H}$, denn man hat:

	beobachtet	berechnet
Doppelt-unterschwefels. Bleioxyd	72,20	72,07
Weinöl	15,47	15,27
Wasser	12,33	12,66
Doppelt-schwefelweins. Bleioxyd	100,00	100,00

Die Zusammensetzung des Oels, das sich in den schwefelweinsauren Salzen befindet, ist offenbar dem des Weinöls ähnlich. Auf 100 berechnet, hat es nämlich die folgende Zusammensetzung:

	Kohlenstoff	Wasserstoff
Oel des schwefelweins. Baryts	88,58	11,42
Dasselbe	88,14	11,86
Oel des schwefelweins. Kupferoxyds	88,53	11,47
Oel des schwefelweins. Bleioxyds	89,20	10,80
Mittel	80,61	11,38
Weinöl, nach Berechnung	88,94	11,06

Nach dieser Identität ist es nun leicht die Zusammensetzung der Schwefelweinsäure festzusetzen. Da nämlich das Weinöl darin vom Doppelt-Kohlenwasserstoffe abweicht, dafs es auf 4 Atomen Kohlenstoff ein Atom Wasserstoff weniger enthält, so mufs man annehmen, dafs 2 Atomen Schwefelsäure, indem sie ein Atom Sauerstoff verlieren, um in Unterschwefelsäure überzugehen, vier Volumen Doppelt-Kohlenwasserstoff auf den Zustand von Weinöl zurückführen. Man hat also für die Zusammensetzung der Schwefelweinsäure, diese als trocken vorausgesetzt, ein Atom Unterschwefelsäure, 8 At. Kohlenstoff und 6 Atome Wasserstoff, oder: $\dddot{S}+2H^3C^4$. Diese Zusammensetzung auf 100 berechnet giebt:

Unterschwefelsäure	1 At.	902,32	72,70
Kohlenstoff	8 At.	305,32	24,28
Wasserstoff	6 At.	37,50	3,02
Schwefelweinsäure	1 At.	1241,14	100,00

Die Theorie der Aetherbildung wird also sehr einfach die: Säure und Alkohol zerfallen in zwei Theile, wovon der eine, unter Bildung einer gewissen Menge Wasser, Weinöl und Unterschwefelsäure erzeugt, in den folgenden Verhältnissen:

$$\left.\begin{array}{l}\text{2 At. Schwefelsäure} = 2\dddot{S}\\ \text{4 Vol. Alkoholdampf}\end{array}\right\} = \begin{cases}\dddot{S}+2C^4H^3 \text{ oder 1 At. Schwefelweinsäure}\\ \text{2 Vol. Wasser, neugebildet}\\ \text{4 Vol. — ausgeschieden.}\end{cases}$$

Der andere Theil der Säure und des Alkohols bilden durch ihre Reaction verdünnte Säure und Aether.

Aus den Versuchen von Vogel geht hervor, dafs man in dem Aether-Rückstand, unmittelbar vor dem Auftreten der schwefligen Säure untersucht, eine gröfsere Menge Schwefelweinsäure findet, als vor oder nach diesem Punkte. Schon hiedurch ist klar, dafs sich diese Säure unter denselben Umständen wie der Aether bildet, und dafs es vorzüglich ihre Zersetzung ist, welcher man die Entwickelung der schwefligen Säure und des Weinöls zuzuschreiben hat, wie es auch schon von Hrn. Gay-Lussac vermuthet worden ist.

Aus dem vorhergehenden begreift man, welche Rolle das Manganhyperoxyd und die Chromsäure *) bei der Bildung des Schwefeläthers spielen. Sie verlieren einen Theil Sauerstoff, um Wasser und Weinöl zu bilden, und verhindern dadurch die Entstehung der Unterschwefelsäure. Wirklich hat auch Hr. Gay-Lussac bewiesen, dafs bei dieser Art von Reaction diese Säure nicht gebildet wird. Die Bildung der Unterschwefelsäure ist also nicht wesentlich zu der des Aethers. Anderseits kann man kaum glauben, dafs die Erzeugung des Weinöls zu der des Aethers nothwendig sey, da die Reactionen, durch welche sie entstehen, so unabhängig von einander scheinen. Nimmt man an, dafs die Fluor-Borsäure, wie Hr. Defosses versichert, Aether ohne Weinöl giebt, so scheint wenigstens diese Nothwendigkeit Ausnahmen zu erleiden.

Alles wohl erwogen, scheinen uns die beiden Erscheinungen nichts Gemeinschaftliches zu besitzen.

Man begreift, dafs es keinen Vortheil bringt, wie man es vorgeschlagen hat, der gewöhnlichen Mischung zur Bereitung des Aethers Manganhyperoxyd hinzuzusetzen. Zwar bildet sich dann keine schweflige Säure, aber Weinöl begleitet den Aether im ganzen Laufe der Destillation, während, bei dem gewöhnlichen Verfahren, dasselbe nur die letzten Portionen verunreinigt. Mithin verdient, bevor man nicht Mittel findet die Fluor-Bor-

*) Wenn sie nämlich der Schwefelsäure beigemischt sind. *P.*

säure zu so wohlfeil darzustellen, dafs man sie anwenden kann, das gegenwärtige Verfahren den Vorzug.

Die Bildung der Unterschwefelsäure scheint bei der Einwirkung der concentrirten Schwefelsäure auf organische Stoffe sehr häufig, wenn nicht gar überall, statt zufinden. Wir haben uns vorgenommen, die Producte einiger dieser Operationen zu untersuchen, können aber nicht umhin, schon jetzt die Meinungen über diesen Gegenstand zu erörtern. Die, welche wir in dieser Abhandlung angenommen haben, ist schon von Hrn. Gay-Lussac aufgestellt worden, und da sie die Zusammensetzung des Weinöls besser verstehen lehrt, so haben wir sie vorgezogen, ungeachtet sie mit der Meinung einiger Chemiker in Widerspruche steht.

So hat Hr. Faraday *) bei Einwirkung der Schwefelsäure auf die Naphthaline eine Säure aufgefunden, die er als eine Verbindung der Schwefelsäure mit der Naphthaline ansieht, worin die Schwefelsäure durch die Gegenwart der Naphthaline die Hälfte ihrer Sättigungskraft verloren hat. Hr. Hennel spricht in einem Aufsatz über die Zusammensetzung des Weinöls **) dieselben Ansichten aus, ohne sich in eine tiefere Erörterung, wie sie der Gegenstand verdiente, einzulassen ***). Wir werden versuchen, sie unter ihren einfachsten Gesichtspunkt zu bringen.

Die HH. Vogel und Gay-Lussac haben diese Gattung von Säuren mit der Unterschwefelsäure verglichen, und angenommen, dafs diese Säure mit einer vegetabilischen Substanz verbunden, und dadurch in ihren Eigenschaften ein wenig geändert sey.

*) Diese Ann. Bd. 83. S. 104.

**) Diese Ann. Bd. 85. S. 12.

***) Der Aufsatz des Hrn. Hennell enthält, aufser offenbar ungenauen Analysen, Resultate, über die wir uns nicht auslassen können, weil wir sie, wegen mangelhafter Beschreibung des Verfahrens und der Producte, nicht verstehen.

Unter diesem doppelten Gesichtspunkte bietet die Aufgabe grofse Schwierigkeiten dar, allein, der That nach, würde man sehr leicht einen sichern Weg zwischen diesen beiden Annahmen, den einzig möglichen, treffen können, wenn sich diese Art von Verbindungen eben so leicht wie die unorganischen Verbindungen behandeln liefsen. Nach den HH. Faraday und Hennell gehen zwei Atome Schwefelsäure eine blofse Verbindung mit dem vegetabilischen Stoffe ein, und ihre Sättigungskraft wird auf die Hälfte reducirt, gleich als wenn der vegetabilische Stoff das eine dieser Atome neutralisirt hätte. Nach den HH. Vogel und Gay-Lussac verlieren die beiden Atome Schwefelsäure ein Atom Sauerstoff, während die vegetabilische Substanz zwei Atome Wasserstoffgas verliert; dadurch wird Wasser, Unterschwefelsäure und eine neue vegetabilische Substanz gebildet. Es handelt sich nun darum, zu wissen, ob man diefs Atom Wasser ohne Zersetzung der Salze abscheiden könne.

Der von uns analysirte schwefelweinsaure Baryt würde, nach Hrn. Faraday's Hypothese gerechnet, in 100 ungefähr 16 Wasser enthalten, und 20, wenn man nach der von Hrn. Gay-Lussac rechnet. Wir brachten 100 Theile dieses Salzes, bei einer Temperatur von 150 bis 160° C., in das trockne Vacuum; der Verlust betrug 19 Procent, bevor es das fette Ansehen bekam, was die einzige Anzeige von der Abscheidung des Oels ist. Ein wenig oberhalb der genannten Temperatur entwikkelt sich aber das Oel selbst, das Salz wird teigig, und der Verlust steigt sogleich über 20 Procent *); diefs bringt einige Ungenauigkeit in die Resultate dieses Versuches.

*) Hr. Faraday war in einer günstigeren Lage als wir, um diese Aufgabe zu entscheiden, da seine Schwefelnaphthalinsäure ein wasserfreies Salz gab. Hätte er mehr Aufmerksamkeit auf seine Analysen verwandt, so würde er gefunden haben, entweder, dafs

Nach der Gesammtheit der von uns auseinandergesetzten Thatsachen und nach den Hülfsbetrachtungen, die sich aus den Eigenschaften der Schwefelweinsäure ableiten lassen, scheint es, dafs man die im Laufe dieser Abhandlung ausgesprochenen Meinungen als richtig annehmen könne. Einige neue Thatsachen indefs, die wir, nach gehaltener Vorlesung in der Akademie, beobachtet haben, bewegen uns, die Wahl zwischen beiden Hypothesen wieder frei zu lassen. Diese neuen Thatsachen sollen in einer künftigen Abhandlung auseinandergesetzt und besprochen werden.

Wir begnügen uns also hier unsere Analysen, nach beiden Hypothesen, zusammenzustellen, und bemerken dabei, dafs ihre Resultate durchaus unabhängig von der Erklärung sind, die man etwa erwählt.

So halten wir es für ausgemacht, dafs

der Alkohol besteht aus: $H^2 C^2 + \frac{1}{2}\dot{H}$

— Aether — — $2H^2 C^2 + \frac{1}{2}\dot{H}$

das Weinöl — — $H^3 C^4$

Was die Schwefelweinsäure und schwefelweinsauren Salze betrifft, so geben zwar alle bis jetzt bekannten Thatsachen der Meinung des Hrn. Gay-Lussac die gröfsere Wahrscheinlichkeit; allein die, welche wir ganz

sie ungenau sind, oder, dafs sie ein seiner Meinung widersprechendes Resultat enthalten. Sie zeigen wirklich einen Gewichtsüberschufs, welcher gerade der Sauerstoffmenge gleich ist, die hinreicht, um die in den von ihm untersuchten Salzen etwa vorhandene Unterschwefelsäure in Schwefelsäure zu verwandeln. Diese Bemerkung, welche dem Herausgeber der *Annales de chimie et de physique* nicht entgangen ist, wird hinreichend durch den folgenden Vergleich gerechtfertigt seyn:

Resultat des Hrn. Faraday		Berichtigtes Resultat
Baryt	27,57	27,57
Schwefelsäure	30,17	27,15
Kohlenstoff	41,90	41,90
Wasserstoff	2,877	2,877
	102,517	99,497

neuerlich beobachteten, erklären sich besser nach der andern Hypothese. Dieſs veranlaſst uns sie hier im Vergleich zusammenzustellen.

Schwefelweinsäure

$$2\ddot{S} + 4H^2C^2 = \ddot{S} + 2H^3C^4 + \dot{H}$$

Schwefelweins. Baryt und schwefelweins. Kupferoxyd

$$\dot{R} + 2\ddot{S} + 4H^2C^2 + 4\dot{H} = \dot{R} + \ddot{S} + 2H^3C^4 + 5\dot{H}$$

Doppelt-schwefelweinsaures Bleioxyd

$$\dot{P}b + 4\ddot{S} + 8H^2C^2 + 3\dot{H} = \dot{P}b + 2\ddot{S} + 4H^3C^4 + 5\dot{H}$$

Die Bedingungen der Gleichheit zeigen hinlänglich, daſs das Problem nicht durch die Analyse gelöst werden kann, sondern die Lösung von einer andern Ordnung von Betrachtungen abhängig ist. Was die Theorie der Aetherbildung an sich betrifft, so ist es leicht, sie der einen oder der anderen dieser Hypothesen anzupassen.

Zusatz. Vielleicht wird es nicht unpassend seyn, wenn ich der obigen Abhandlung, wiewohl sie nach der Aussage der Verfasser noch nicht als geschlossen anzusehen ist, schon jetzt einige Bemerkungen hinzufüge, sollten sie zum Theil auch nur in Vermuthungen bestehen. Gewiſs ist es dem aufmerksamen Leser nicht entgangen, daſs die Resultate der HH. Dumas und Boullay über das Weinöl durchaus von denen verschieden sind, zu welchen Hr. Hennell gelangt ist (diese Ann. LXXXV. p. 12.). Letzterer findet darin 38 Procent Schwefelsäure, während erstere dieser Säure gar nicht erwähnen, sondern nur Kohlenstoff und Wasserstoff als Bestandtheile des Weinöls aufführen. Hrn. Hennell's Arbeit, wie so mancher anderen von englischen Chemikern, gebricht es ohne Zweifel an der gehörigen Genauigkeit; doch ist kaum zu glauben, daſs derselbe einen Fehler, wie jene Verschiedenheit voraussetzen lieſse, begangen haben sollte, zumal er eigens bemerkt, daſs das untersuchte Weinöl mit Sorgfalt von aller anhängenden Schwefelsäure befreit worden sey. Daſs es Weinöl giebt, welches Schwefelsäure enthält, habe ich selbst bei einem der hiesigen Chemiker zu sehen Gelegenheit gehabt. Wasser, womit dieses Weinöl mehrmals geschüttelt worden war, trübte den salzsauren Baryt nicht im geringsten; nachdem aber das Oel durch Kochen mit Königswasser zersetzt worden war, gab die Flüssigkeit mit salzsaurem Baryt einen sehr bedeutenden Niederschlag von schwefelsaurem Baryt. Dieſs

Weinöl war frisch und selbst bereitet, und sein specifisches Gewicht gröfser als das des Wassers. Ein anderes Weinöl, von dunklerer Farbe, dickflüssiger Beschaffenheit und geringerem specifischen Gewichte als das Wasser, zeigte sich dagegen frei von Schwefelsäure. Ob indefs die Schwefelsäure ursprünglich darin nicht vorhanden gewesen, oder erst durch einen Rectificationsproceſs daraus abgeschieden worden, muſste dahin gestellt bleiben, da die Bereitungsart dieses Oels unbekannt war. Jedenfalls scheint mir hieraus hervorzugehen, dafs es zweierlei Weinöl giebt, mit und ohne Schwefelsäure. Die französischen Chemiker haben das letztere analysirt, und konnten schon deshalb keine Schwefelsäure darin finden, da sie es vor der Zerlegung über *Aetzkali* rectificirten.

Eine zweite Frage betrifft den Kohlenwasserstoff in der Schwefelweinsäure. Ohne Zweifel ist die Analyse der französischen Chemiker genauer, als die des Hrn. Hennell. Allein auffallend muſs es doch seyn, dafs jene in ihrem Weinöl, als der mit der Unterschwefelsäure verbundenen Substanz, fast doppelt so viel Kohlenstoff gegen Wasserstoff gefunden haben, wie Hr. Dr. Heeren bei seiner Analyse der Schwefelweinsäure in diesen Ann. Bd. 83. S. 198. Nach den ersten besteht das Weinöl aus 88,37 Kohlenstoff und 11,63 Wasserstoff, nach dem letzteren aus 47,76 Kohlenstoff und 11,67 Wasserstoff. Hr. Dr. Heeren selbst legt zwar seiner Untersuchung nicht die äufserste Genauigkeit bei; aber schwerlich können Beobachtungsfehler allein einen solchen Unterschied herbeigeführt haben, vielmehr drängt sich auch hier die Vermuthung auf, dafs die untersuchten Substanzen nicht identisch gewesen seyen. Darf man es nämlich als erwiesen ansehen, dafs Kohlenwasserstoff mit Schwefelsäure verbunden, die Schwefelweinsäure bilde, so ist es wenigstens nicht unwahrscheinlich, dafs es von dieser letzten Säure so viele Arten gebe, als es Arten von Kohlenwasserstoffgas, geben kann, also nach den bisherigen Erfahrungen wenigstens vier. Bekanntlich hat schon Hr. Dr. Sertürner mehrere Schwefelweinsäuren angenommen, ohne indefs hinreichende Beweise dafür beizubringen; — vielleicht, dafs wir hierüber von den Verfassern der obigen Abhandlung näheren Aufschlufs erhalten, auch über die Natur des schweren Salzäthers belehrt werden, der möglicherweise eine Verbindung von Chlor mit dem von ihnen analysirten Kohlenwasserstoff seyn und beim Jod und Brom seine Analoga haben könnte. Uebrigens bekommt nach den neuesten Atomgewichten von Berzelius das von Schwefelsäure freie *Weinöl* die Formel H^3C^2, das *ölbildende* Gas: H^4C^2, der *Alkohol*: H^4C^2+H, und der *Aether*: $2H^4C^2+H$. *P.*

V. *Ueber einige neu entdeckte geognostische Erscheinungen in der norddeutschen Ebene; von Friedrich Hoffmann.*

[Als Nachtrag zu dem Aufsatze des Verfassers: über die Hervorragungen des Flötzgebirges etc., diese Ann. Bd. 76. S. 33. u. 55.]

Je räthselhafter die Bildung der obersten Kruste unserer grofsen norddeutschen Niederung ist, je mehr sich allmählig durch genauere Forschungen die Zahl der Thatsachen vergröfsert hat, welche dafür sprechen, dafs die Trümmer-Anhäufungen, aus welchen sie besteht, nicht die Reste eines an Ort und Stelle zerfallenen älteren Gebirges seyn können, desto willkommner mufs uns unstreitig eine jede neue Kunde von anstehenden Massen fester Gesteine seyn, welche in diesem allgemeinen Gebiete der Zerstörung unzertrümmert zurückgeblieben sind. Wir sehn in ihnen mehr und mehr integrirende Theile der alten Grundlage auftauchen, auf welcher die Schichten des aufgeschwemmten Landes sich abgesetzt haben. Immer vollkommner wird uns durch jede neue Entdekkung dieser Art die Beschaffenheit des Schauplatzes enthüllt, auf welchem jene riesenhaften Zerstörungs-Ereignisse thätig waren, welche die Schöpfungen der Vorwelt in ihren Trümmern begruben, und unsere theoretischen Betrachtungen über die Natur und die Ursachen derselben gewinnen mit jeder neuen Gebirgsinsel, welche der Zufall uns in diesem einförmigen Lande bekannt werden läfst, eine neue Stütze.

Unstreitig verdienen unter den bisher auf solche Weise zur Kunde der Gebirgsforscher gekommenen Inseln von anstehendem älteren Gestein keine eine gröfsere Aufmerksamkeit, als die vereinzelten Gyps-Berge. Mancherlei Verhältnisse vereinigen sich in ihnen, um gerade sie für uns vorzugsweise wichtiger zu machen. Stock-

förmige Massen von krystallinischkörnigem Gefüge, verdanken sie muthmafslich ihre Entstehung einer durch vulcanische Thätigkeit bedingten Umwandlung irgend einer zerrütteten älteren Kalksteinformation. Die Verhältnisse ihrer Stellung zu den sie begleitenden Flötzgebirgsschichten machen es ferner wahrscheinlich, dafs sie noch in einer sehr späten Periode eine Erhebung auf ihr gegenwärtiges Niveau erlitten haben, welche vielleicht selbst mit der Art ihrer Entstehung in sehr naher Verbindung steht. Einflufsreicher noch wird überdiefs ihr Erscheinen durch die unleugbare Beziehung, in welcher diese Gypsmassen sich zu den im aufgeschwemmten Lande vereinzelt austretenden Salzquellen befinden, deren zuweilen sehr bedeutender Reichthum uns auf eine in nicht sehr grofser Tiefe verborgene Steinsalz-Niederlage schliefsen läfst, welche die Hügel des aufgeschwemmten Landes in ihrem Schoofse verbergen.

Bekanntlich gab es bisher solcher merkwürdigen Punkte, auf deren Entblöfsung das Gesagte sich mehr oder minder vollständig anwenden läfst, im Gebiete der norddeutschen Ebne nur drei. Bei Lüneburg und Segeberg, und zu Sperenberg bei Zossen in der Mark Brandenburg. Die mit den Hervorragungen des Muschelkalks bei Rüdersdorf, unweit Berlin, in Berührung stehende Gyps-Niederlage scheint einer sehr abweichenden Bildung zugehören, die regelmäfsig überall auf den Gränzen des Muschelkalks und bunten Sandsteins wiederkehrt, und dadurch zur Zeit noch zu einer räthselhaften Ausnahme von einer in grofser Allgemeinheit bestätigten Regel wird. Gegenwärtig indefs hat sich die Zahl dieser Punkte noch um einen vermehrt, dessen erst seit Kurzem erfolgte Entdeckung bis jetzt nur im Bereich ihrer nächsten Umgebungen bekannt war, welcher indefs vorläufig hiedurch eine allgemeinere Kenntnifs zu sichern, vielleicht nicht ganz überflüssig ist.

Schon in der lehrreichen Abhandlung des Herrn

von Oeynhausen über die geognostischen Verhältnisse des Küstenlandes von Vorpommern *) finden wir es (p. 268.) als unverbürgte Sage erwähnt, dafs bei Lübtheen im Mecklenburgischen, etwa zwei Meilen von der Elbe, neuerdings eine bedeutende Gyps-Masse aufgefunden worden sey. Diese Nachricht hat indefs später ihre Bestätigung durch eine ausführliche öffentliche Anzeige erhalten, deren Einsicht ich der gefälligen Mittheilung eines Freundes verdanke. In dem Schweriner freimüthigen Abendblatt (Jahrgang 1826, No. 384.) lesen wir von dem Prediger des Ortes, Hrn. C. Wilbrandt, „einige Nachrichten über das bei Lübtheen entdeckte Gypslager," welche im Wesentlichen Folgendes enthalten.

Südöstlich von Lübtheen liegt in der Richtung zwischen den Dörfern Probst Jesar und Trebs, in einer der relativ niedrigsten Gegenden von Mecklenburg, die nicht selten den Ueberschwemmungen der nahen Elbe ausgesetzt ist, ein isolirter Sandhügel von geringem Umfange, welcher sich den angegebenen Umständen zufolge kaum mehr als 30 Fufs hoch über die angränzende Ebne erheben mag **). Man hatte den Sand dieses Hügels schon seit Jahren dazu benutzt, um das umgebende Moorland dadurch zu erhöhen und ertragreicher zu machen, und auf diese Weise einem grofsen Theile des Hügels selbst schon allmählig mehr als die Hälfte seiner Höhe genommen. Bei der Fortsetzung dieser Arbeiten entdeckte man endlich, um Weihnachten 1825, sehr unerwartet, wenige Fufs über der nächsten Fläche hervorragend eine von W. nach O. fortstreichende Masse von festem Gestein, deren bei weiterer Untersuchung länger anhaltende Aus-

*) Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Bd. XIV. p. 227—284.

**) Nach den barometrischen Messungen der HH. von Seydewitz und Berg liegt der niedrigste Punkt Mecklenburgs, der Spiegel der Elbe bei Boizenburg nur 9 paris. Fufs über dem Spiegel der Ostsee.

dehnung sehr bald die Aufmerksamkeit auf sich zog. Man machte der Grofsherzoglichen Regierung alsbald Anzeige davon, und da man inzwischen die bereits auf einer Streichungslinie von mehr als 100′ Länge entblöfste Felsmasse für Gyps erkannt hatte, so wurden von dieser ausgedehntere Untersuchungen angeordnet.

Durch eine Reihe von 13 Bohrversuchen *) ermittelte man im Frühlinge 1826 den Oberflächeinhalt der an mehreren Punkten unter dem Sande erreichten Gypsmasse zu 200 Quadrat-Lachtern. Stellenweise hatte man dabei das Gestein indefs erst in einer Tiefe von mehr als 50 Fufs unter dem Sande gefühlt, und man stiefs daher später unmittelbar in ihm selbst noch ein Bohrloch, um die Mächtigkeit desselben genauer kennen zu lernen. Dieser Bohrversuch ward bis zu einer Tiefe von mehr als 150 Fufs niedergetrieben. Bis zu nahe an 40 Fufs blieb man in fast ununterbrochen gleichförmig fortsetzendem Gestein, dann erreichte man eine mächtige Kluft von etwa 10 Fufs Tiefe, und darunter stiefs der Bohrer von Neuem auf Gyps, der bis zu 150′ 10″ ununterbrochen anhielt. Man bohrte von hier noch 4 Fufs tiefer in einem veränderten Gestein, das in dem vorliegenden Berichte graues oder Aschen-Gebirge genannt wird, und muthmafslich, wie auch die letzten geförderten Bohrproben zu beweisen scheinen, ein bituminöser stinksteinartiger Kalkmergel ist. — So sind denn in der That durch diese mit rühmlicher Beharrlichkeit ausgeführten Versuche alle Zweifel gelöst, ob hier von wahrhaft anstehendem Gestein, oder von isolirten Blöcken, welche schon oft im aufgeschwemmten Lande die Aufmerksamkeit der Beobachter irre leiteten, die Rede seyn darf.

Was die Beschaffenheit des auf diese Weise gefunde-

*) Mit der Leitung dieser Arbeiten war der um die geognostische Kenntnifs Mecklenburgs mehrfach verdiente Herr Hofmedicus Brückner beauftragt.

denen Gyps selbst anbetrifft, so ist er nach der beige fügten Beschreibung durchaus ungestaltet, wahrscheinlich ohne alle Schichtung, körnig und dabei grobkörniger und lockerer, wie es scheint, als die herrschende Gyps-Art von Lüneburg; seine angegebene gröfsere Weichheit deutet, an der Oberfläche wenigstens, auf gänzliche Abwesenheit von Anhydrit. Fraueneis traf man bisher, wie es scheint, nur in einzelnen nicht sehr grofsen Parthien darin; von Boraciten, wie ausdrücklich bemerkt wird, keine Spur. Hin und wieder dagegen fand man in ihm einzelne Stücke von schwärzlichgefärbtem kohlensauren Kalkstein (Stinkstein), und die innige Beimengung desselben scheint diesem, wie so häufig den Gypsen der Grafschaft Mansfeld, eine wellenförmige, bald heller bald dunkler gefärbte, weifs und grau verwaschene Streifung zu veranlassen. Man machte mit der Gewinnung des Gypses selbst am 28. April 1826 den Anfang, und hatte bis zum 9. Mai bereits den Inhalt von 600 Cubikfufs, oder 40 Fudern, gewonnen, auch waren die ersten Versuche, ihn zu brennen und zu Kunstwerken anzuwenden, vollkommen genügend ausgefallen. —

Dürfen wir uns schliefslich hiebei noch ein Urtheil über die Alters-Verhältnisse der neuentdeckten Gypsmasse erlauben, so wird es wohl nicht mehr genügen, auf die früher von mir in diesen Annalen geäufserte Ansicht von dem Alter der Berge von Lüneburg und Segeberg zu verweisen. Durch die grofse äufsere Aehnlichkeit jener Massen mit dem bisher sogenannten älteren Flötz-Gyps, und durch das Mitvorkommen löchriger und bituminöser Kalksteine, war ich damals verleitet worden, sie mit einiger Wahrscheinlichkeit für Glieder des Kupferschiefergebirges anzusehn. Spätere Beobachtungen lehrten mich indefs, dafs diesen sehr ähnliche Massen in der That alle jüngeren Kalksteinformationen des Flötzgebirges durchbrechen. Es zeigte sich, dafs einige derselben deutlich als Ausfüllungen in sehr neuer Periode ent-

standener Spalten anzusehn sind, und dafs die oben erwähnten bituminösen und löchrigen Kalksteine, wahrscheinlich als ein Product der Entstehung des Gypses selbst, sich bei allen seinen Vorkommnissen nachweisen lassen. Wir dürfen also wohl nicht ferner diese Massen als das untergeordnete Glied irgend einer regelmäfsig geschichteten neptunischen Formation ansprechen. Ihre Entstehung mufs in eine verhältnifsmäfsig sehr neue Zeit fallen, welche wahrscheinlich der letzten grofsen Umgestaltungsperiode unserer Erdoberfläche nicht fern liegt *).

An dem angegebenen Punkte von Lübtheen scheinen zwar in nächster Nachbarschaft des Gypses alle Spuren von anstehenden Flötzgebirgsschichten an der Oberfläche zu fehlen, und mit ihnen die Möglichkeit über

*) Die merkwürdigen Beobachtungen, welche Hr. J. von Charpentier (*Essai sur la constitution géognostique des Pyrenées, pag.* 508.) über das Auftreten von Gypsmassen, welche den unsrigen sehr ähnlich sind, am Fufse der Pyrenäen-Kette gemacht hat, scheinen zu beweisen, dafs die Entstehung derselben mit der Periode des Ausbrechens hornblendereicher Gesteine, sogenannter Ophite, zusammenfällt. Diese Ophit-Massen selbst aber haben sich, nach Hrn. von Charpentier's eignem Urtheile (p. 521.), erst in einer Zeit gebildet, welche sehr neu, ja selbst neuer ist, als die Ausfurchung der meisten Thäler. Am Fufse der Alpenkette hat bekanntlich Leop. von Buch uns, veranlafst durch die Wahrnehmungen desselben Beobachters, ein durchaus analoges Phänomen nachgewiesen (Poggendorff's Annalen, III. p. 78.). Der Gyps und das Steinsalz der Schweiz haben sich erst nach der Epoche der Erhebung des primitiven Gebirges aus Spalten der Erdrinde hervorgedrängt. Und höchstwahrscheinlich ist doch diese Epoche noch jünger als die Bildungsperiode der bedeutendsten Glieder der Tertiärformation.

Bei Lüneburg hat das Hervortreten des Gypses noch deutlich die Schichtenstellung der Kreide afficirt. Auch sind vielleicht selbst die so beständig wiederkehrenden merkwürdigen Verhältnisse, unter welchen die Reste der grofsen Säugethiere des aufgeschwemmten Landes mit den Gypsbergen dieser Bildung zusammen vorkommen, abhängig von irgend einem nahen Zusammenhange der Entstehung dieser letztern mit den Vorgängen, welche den Untergang der erstern herbeiführten.

das Alter desselben durch unmittelbare Beobachtung zu entscheiden. Die Gypsmasse selbst scheint indefs eine viel ansehnlichere Erstreckung nicht fern unter Tage zu besitzen, und selbst an mehreren Punkten wiederzukehren, als man durch die angeführten Versuche hat nachweisen können. Die zahlreichen Erdfälle, mit welchen uns Hr. Brückner in verschiedenen Theilen Mecklenburgs bekannt macht *), und deren auch Hr. Pfarrer Wilbrandt bei Lübtheen erwähnt, sprechen deutlich dafür. Nicht minder auch die Erscheinungen unterirdisch abfliefsender und periodischer Quellen **). Wichtiger aber ist es unstreitig noch zu erfahren, dafs auch Flötzgebirgsschichten selbst an mehreren Punkten Mecklenburgs aus der Decke des aufgeschwemmten Landes hervorragen, wo sie bisher nicht bekannt waren.

Herr Brückner spricht zuerst etwas ausführlicher **) von der feuersteinreichen Kreide bei Wittenborn, unweit Friedland. Neu und überraschend indefs scheinen mir die Nachrichten von einem viel ausgedehnteren Zuge von Kreidehügeln im Innern von Mecklenburg zu seyn, auf welchen uns ein Ungenannter, ebenfalls in dem oben erwähnten Abendblatte †), aufmerksam macht. In den Umgebungen des Müritz-See's nämlich, welcher sich vor den zahlreichen Landsee'n Mecklenburgs nicht nur durch seine beträchtliche Gröfse, sondern auch durch seine verhältnifsmäfsig hohe Lage ††) auszeichnet,

*) Vergl.: Wie ist der Grund und Boden Mecklenburgs geschichtet und entstanden, 1825. p. 107—112., p. 135. etc.

**) A. a. O. p. 164. sq., p. 136. Anmerk.

***) A. a. O. p. 117. u. 135. †) Jahrg. 1826, No. 369.

††) Nach den Messungen des Hrn von Seydewitz und Berg liegt der Müritz-See bei Wahren 216 pariser Fufs, der nahe Malchiner See aber nur 36′ über der Ostsee Hr. Brückner hat gezeigt, dafs überhaupt alle See'n Mecklenburgs, deren Wasser der Nordsee zufliefst, sich vor denen, welche dem Becken der Ostsee gehören, durch eine bedeutend höhere Lage auszeichnen.

findet sich sowohl an dem östlichen als westlichen Ufer anstehende Kreide mit Feuerstein und vielen, zur Zeit noch unbeschriebenen Versteinerungen. Der östlichste Punkt ihres Vorkommens scheint auf den Feldern von Roggentin, nahe bei Mirow, zu seyn; die beträchtlichste Ausdehnung erlangt sie indefs westlich des Müritz-See's bei Gotthun und bei Wendhof, ja sie setzt noch auf das nördliche Ufer des Fleesen-See's über, und findet sich dort häufig auf dem Felde von Nossentin. Hr. Hofmedicus Brückner hat später in demselben Blatte *) diese merkwürdige Thatsache ausdrücklich bestätigt, und fügt ihr noch die wichtige Bemerkung hinzu, dafs das gemeinschaftliche Becken des Müritz-, des Fleesen-, des Kölpiner- und des Plauenschen See's auf der Südseite fast überall, auf der Nordseite wenigstens stellenweise, von anstehenden Kreidelagern eingefafst ist **). Gewifs ist es erfreulich zu sehn, dafs die Verbindungslinie der oben angegebenen Punkte sehr genau in die gesetzmäfsige Richtung des Streichens aller norddeutschen Gebirge des niederländischen Ketten-Systems, von SO nach NW, fällt. Eine Thatsache, die bekanntlich auch von den Kreidefelsen auf Rügen und von dem Kalkberge bei Lüneburg gilt; und ein neuer Beweis, dafs die Hauptrichtung unserer Höhenzüge, und der sie begleitenden grofsen Längenthäler von tiefer liegenden Ursachen abhängig sey, als von den zufälligen, gröfseren oder geringeren Anhäufungen des aufgeschwemmten Landes, wie sie durch Meeresströme oder Auswaschungen süfser Gewässer bewirkt wurden.

*) Jahrgang 1827, No. 446 u. 447.

**) Es verdient gewifs bemerkt zu werden, dafs, nach dem Zeugnisse des Hrn. Brückner (Wie ist der Grund und Boden Mecklenburgs etc. p.141.), grade diese Gegend von Mecklenburg es war, in welcher die Schwingungen des Bodens, welche sich am Tage des Erdbebens von Lissabon über einen so grofsen Theil von Europa verbreiteten, bei weitem am lebhaftesten empfunden wurden.

Was das allgemeine Grundgebirge, die nächstfolgende ältere Bildung, unserer norddeutschen Kreidehügel sey, dürfen wir jetzt, seit die Aufmerksamkeit der Beobachter auf diesen Gegenstand reger geworden ist, mit genügender Klarheit als bekannt voraussetzen. Bornholms und Schonens Westküsten enthüllen uns die kohlenreichen Sandsteine, Schiefermergel und Kalksteine der Lias-Formation an den Rändern des Urgebirges in beträchtlicher Ausdehnung. Eben so die Felsenriffe der Sandinsel bei Helgoland. Selbst noch auf dem Festlande von Pommern kennen wir im Liegenden der Kreide von Rügen und Wollin oolitischen Jurakalk mit Versteinerungen, welche sehr an die gleichnamigen Schichten dieser Formation in andern Gegenden erinnern *).

Indefs auch in unmittelbarer Bedeckung des Kreidegebirges sind uns allmählig alle jene bedeutenderen Tertiär-Formationen bekannt geworden, welche die Oberfläche derselben in den vollständiger entblöfsten Districten anderer Landstriche so regelmäfsig zu begleiten pflegen. Hr. von Oeynhausen hat uns an der Küste von Pommern in sehr grofser Ausdehnung unmittelbar auf der Kreide, das Vorkommen des plastischen Thones, und mit ihm die wahrscheinliche ursprüngliche Lagerstätte des Bernsteins der Ostseeländer kennen gelehrt **). Die kalkhaltigen Sandsteine von Sternberg im Mecklenburgischen enthalten, nach den umsichtigen Vergleichungen des Hrn. von Schlottheim ***), eine Menge von Muscheln und Schnecken, die zum Theil auf's Vollkommenste

*) Es ist diefs der Kalkstein von Fritzow, bei Cammin, dessen schon die HH. Schultz und v. Oeynhausen gedenken (vergl. Karsten's Archiv XIV. p. 236.). Die von dorther mir zugekommenen Gesteinsproben gleichen in hohem Grade den Jura-Ooliten vom Galgberge bei Hildesheim und vom Deister bei Hannover.

**) A. a. O. p. 273—277.

***) Petrefactenkunde, p. 95, 120, 121, 134, 135, 139, 140—143, 155, 187, 198.

mit den gleichnamigen der subappenninischen Hügel, mit den organischen Resten aus dem Grobkalk von Paris und von Weinheim im Rheinthale übereinstimmen. Ja wir finden selbst beide, *die Bildung des plastischen Thons und des Grobkalks*, in ihren gesetzmäfsigen Lagerungsverhältnissen mit einander verbunden.

Eine Besichtigung der Umgegend von Dömitz im Mecklenburgischen, zeigte mir vor einigen Jahren ein Beispiel dieser Art, dessen Erwähnung vielleicht hier eine Stelle verdient. Dort ist in W. und N. eine ansehnliche Braunkohlen-Bildung verbreitet, auf welcher in den Hügeln bei Bockup gegenwärtig ein regelmäfsiger, doch wenig ausgedehnter Bergbau betrieben wird. Man fand hier bei wiederholten Versuchsarbeiten, theils unmittelbar über dem Braunkohlenflötz, theils unter dem obersten Alaunerdelager, eine mehr oder weniger feste, bis höchstens 10 Fufs starke Masse von kalkhaltigem Sandstein. Hr. Brückner hat derselben in seiner oft genannten Schrift (p. 85.) als eines Gliedes seiner Alaun-Formation ausführlich erwähnt, und über ihr Vorkommen das Nähere beigebracht. Diese wohl uneigentlich sogenannte Sandsteinbank, welche kein Continuum bildet, sondern sich überall nur in Knollen aus dem Sande zusammengezogen hat, ist nichts anders, als ein vollkommnes Analogon der Grobkalk-Formation, und hier auch auf ihrer ursprünglichen Lagerungsstelle.

Man hatte im zweiten Schacht der Braunkohlengrube vom Bockup einen Stein dieser Art durchbrechen müssen, bevor man das Kohlenlager traf, und die geförderten Bruchstücke desselben fand ich noch auf der Halde umherliegend. Es war ein fester, harter, fein sandiger Kalkstein von erdigem, rauhem Bruch und dunkel braungrauer Farbe, stellenweise auch ein verhärteter schmutzig-ochergelber Mergel. In beiden waren hin und wieder silberglänzende Glimmerschüppchen zerstreut, und nicht selten kleine Kohlentrümchen, als Zeichen ihrer örtlichen Bil-

dung. Auf den Klüften dünne Ueberzüge von Schwefelkies und Eisenocher. Reichlich sah ich in diesem Steine wohlerhaltene Versteinerungskerne und Abdrücke animalischen Ursprungs; diese und einige sehr vollkommen erhaltene Muschelschaalen, welche man unmittelbar unter dem Alaunerdelager westlich von Bockup in sandiger Thonmasse gefunden hatte, gaben mir Veranlassung zur Aufstellung folgender Liste *).

I. Mollusken.

a. Einschaalige.

Rostellaria Pescarbonis. A. Brongn. Mem. sur les terrains de sediment superieurs, p. 75. *Pl. IV. Fig.* 2. *a. b.* (sehr nahe übereinstimmend). *Strombus Pes pelecani Brocchi II. p.* 385. Wahrscheinlich der bei Sternberg so häufige *Strombites speciosus Schloth.* Petrefactenk. p. 155.

Sehr häufig.

Pleurotama Lam.

Ein wohlerhaltener Abdruck, der einige Aehnlichkeit mit *Murex thiara Brocchi II. p.* 424. *Tab. VIII. Fig.* 6. hat, doch deutlich verschieden ist.

Fusus Lam.

Ein verstümmelter Abdruck, die Gattung sehr kenntlich, doch die Art unbestimmbar.

Conus.

Zwei Species in unvollkommnen Abdrücken, davon einer grofse Aehnlichkeit mit *C. deperditus Lam. Ann. du Mus. Tom. VIII. pl.* 15. *Fig.* 1., *Brocchi II. p.* 292. *Tab. III. Fig.* 2., *Brongn. sedim sup, p.* 61. *pl. III. Fig.* 1. zeigt; der andere weniger deutlich mit *Conus antidiluvianus Brocchi Tab. II. Fig.* 11.

*) Die Exemplare, an welchen die vorliegenden Bestimmungen gemacht worden sind, befinden sich gegenwärtig auf dem hiesigen Königl. Mineralien-Cabinet.

Ancilla Lam.?

Eine verstümmelte Schaale, vielleicht ein abgerolltes Exemplar der Gattung *Mitra Lam. Voluta Brocchi.*

Buccinum?

Ein unvollständiger Kern, mit einer Streifung, wie die bei *Cancellaria Lam.* gewöhnliche.

b. Zweischaalige.

Pectunculus pulvinatus Lam. Ann. du Mus. Tom. IX. pl. 18. *Fig.* 9. *Brongn. sedim. sup.* mehr entsprechend der *Var. β. pyrenaicus, Tab. VI. Fig.* 15. *a. b. p.* 77.

Sehr häufig.

Nucula Lam.

N. laevigata Sowerby Min. Conch. Vol. II. p. 207. *Tab. CXCII. Fig.* 1. *et* 2. Genau übereinstimmend, mit ganz erhaltener Schaale.

N. ..... Aehnlich der *N. lanceolata Sowerby Min. Conch. Vol. II. p.* 178. *Tab. CLXXX. Fig.* 1., doch deutlich verschieden.

Abdruck in mehreren Exemplaren.

Venus ..... Ein Kern mit wohl ausgedrücktem Schlofs, ähnlich mit *V. islandica Brocch. II. p.* 554. *Tab. XIV. Fig.* 5.

Cardium .... Ein Kern, ähnlich mit *C. fragile Brocchi, Tab. XIII. Fig.* 4. *a. b.*

II. Zoophyten.

Fungia Guettardi. A. Brongn. Descript. de Paris, p. 34. *u. p.* 157. *note, Pl. VIII. Fig.* 5. *Guettard. Mémoires sur diff. part. de la physique etc. Tome III. pl. XII. Fig.* 1—8.

Häufig.

Das Alaunerdelager von Bockup liegt aller Wahrscheinlichkeit nach über dem nahen Braunkohlenlager, und es leidet mithin keinen Zweifel mehr, dafs nicht auch un-

ter dem Sande unserer aufgeschwemmten Niederung die Glieder der Tertiär-Formation genau in denselben Lagerungs-Verhältnissen vorkommen, in welchen sie zuerst in dem Becken der Seine die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich zogen, und später in so grofser Allgemeinheit wieder aufgefunden wurden.

VI. *Untersuchungen über die Vertheilung des freien Magnetismus in Magnetstäben; von T. A. Kupffer, Professor in Kasan.*

(Ann. de chim. et de phys. XXXV. p. 50.)

Die meisten dieser Untersuchungen wurden nach der Coulomb'schen Methode angestellt, d. h. man liefs eine kleine Magnetnadel horizontal und stets in gleichem Abstande vor mehreren Punkten eines senkrechten Magnetstabes schwingen. Die einzige Abänderung, welche mir nöthig schien, bestand darin, dafs ich die Nadel in einem gröfseren Abstande vom Stabe schwingen liefs als Coulomb; denn ich bemerkte, wie dieser, dafs die Kraft der kleinen Magnetnadel sich leicht änderte, wenn man sie dem Stabe zu sehr genähert hatte, und dafs eine zu lebhafte Anziehung selbst die Lage der Nadel veränderte, und den Faden, woran sie hing, aus seiner Verticale ablenkte, was nothwendig grofse Fehler in die Resultate bringen mufste. Freilich wirkt bei dieser Anordnung eine zu grofse Zahl von Punkten des Magnetstabes auf die Magnetnadel, um annehmen zu können, dafs die Wirkung proportional sey den Mengen von freiem Magnetismus, welche sich in den, in der Verlängerung der Nadel liegenden Punkten des Magnetstabes befinden; so dafs die folgenden Berechnungen nur dazu dienen können, ein früher von der Theorie aufgefundenes Vertheilungsgesetz zu bestätigen.

Die kleine Magnetnadel war von Stahl, flach, sehr schmal und 12 Millimeter lang; sie hing horizontal in

3 Decimeter Abstand vom Magnetstab. Der Magnetstab war cylindrisch, 607 Mill. lang und 12,5 Mill. dick, aus Gufsstahl verfertigt und nicht gehärtet. Ein Arnold'scher Chronometer, der 150 Schläge in einer Minute machte, diente zur Messung der Zeit, welche die Nadel zu 100 Schwingungen gebrauchte. Unter dem Einflufs des Erdmagnetismus machte sie dieselben in 2′32″,0.

Die Beobachtungen sind in den folgenden Tafeln zusammengestellt. Die Spalte I. giebt den Abstand des in der Verlängerung der Nadel liegenden Punktes vom Nordpol des Stabes, die Spalte II. die Zeit, welche die Nadel zu 100 Schwingungen gebrauchte; die Spalte III., die dieser Dauer entsprechende Kraft; und die Spalte IV. endlich, den Abstand des Punktes am Stabe, der in der Verlängerung der Nadel lag, von dem Punkte, wo die Anziehung des Stabes Null ist oder vom Indifferenzpunkte. Die Einheit, auf welche sich die Zahlen dieser Spalte beziehen, ist 40 Millim.; so dafs 40 Millim. durch 1 bezeichnet sind, 80 Millim. durch 2 u. s. w. Die nördlichen Kräfte sind durch +, die südlichen durch — bezeichnet. Zunächst untersuchte ich, eine wie grofse magnetische Kraft dem Stabe durch alleinige Wirkung des Erdmagnetismus ertheilt wurde. Die Resultate dieser Beobachtungen finden sich in folgender Tafel.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
523,5	2′ 30″,4	— 0,0093	— 6	243,5	2′ 32″,8	+ 0,0045	+ 1
483,5	2 30, 4	0,0093	5	203,5	2 32, 8	0,0045	2
443,5	2 30, 4	0,0093	4	163,5	2 33, 2	0,0068	3
403,5	2 30, 8	0,0069	3	123,5	2 33, 6	0,0090	4
365,5	2 31, 2	0,0046	2	83,5	2 33, 6	0,0090	5
323,5	2 31, 6	0,0023	1				
303,5	2 31, 6	0,0023	½				
283,5	2 32, 0	0,0000	0				

Sobald der Stab umgekehrt wurde, verlor er gänzlich den Magnetismus, den ihm die Wirkung der Erde in seiner ersten Stellung ertheilt hatte; aber er nahm nicht

sogleich den entgegengesetzten Zustand an, ausgenommen an den Enden, wo sich ein sehr schwacher und dem früheren entgegengesetzter Magnetismus zeigte.

Um dem Stabe einen sehr schwachen Magnetismus zu ertheilen, führte ich ihn jetzt senkrecht über den Nordpol eines künstlichen, sehr starken Magnetstabes hinweg. Nachdem ich die Nadel wiederum vor den Stab gestellt hatte, beobachtete ich folgende Schwingungszeiten derselben.

Der Nordpol des Stabes war nach oben gerichtet.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
71,5	3′ 7″,2	+ 0,1475	+ 7	231,3	2′ 52″,8	+ 0,0979	+ 3
111,5	3 6, 8	0,1463	6	271,5	2 46, 4	0,0717	2
151,5	3 3, 6	0,1362	5	311,3	2 39, 2	0,0383	1
191,5	2 58, 1	0,1186	4	351,5	2 32, 0	0,0000	0

I.	II.	III.	IV.
391,5	2′ 26″,0	— 0,0363	— 1
431,5	2 20, 4	0,0745	2
471,5	2 16, 4	0,1047	3
511,5	2 12, 8	0,1342	4
551,5	2 10, 8	0,1517	5

Man sieht, dafs der Südpol des Stabes stärker war als der Nordpol desselben, und dafs der Indifferenzpunkt dem stärkeren Pole näher lag, als dem anderen. Der Stab wurde nun umgekehrt, so dafs der Nordpol nach unten zu liegen kam, sogleich wuchsen die Kräfte in den verschiedenen Punkten des Stabes, wie man aus folgender Tafel ersieht.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
546,5	2′ 9″,2	— 0,1662	— 5	386,5	2′ 25″,2	— 0,0415	— 1
506,5	2 11, 2	0,1481	4	346,5	2 32, 0	0,0000	0
466,5	2 14, 8	0,1175	3	306,5	2 38, 8	+ 0,0363	+ 1
426,5	2 19, 6	0,0803	2	266,5	2 46, 4	0,0717	2

I.	II.	III.	IV.
226,5	2′ 54″,0	+ 0,1025	+ 3
186,5	3 1, 2	0,1283	4
146,5	3 6, 4	0,1450	5
106,5	3 10, 0	0,1558	6
66,5	3 11, 2	0,1593	7

Zugleich hat sich der Indifferenzpunkt der Mitte des Stabes genähert. Ich habe wohl nicht nöthig zu sagen, dafs der Stab diese Veränderungen nicht plötzlich erlitt, sondern dafs er, in jeder neuen Stellung, mehrere Stunden gebrauchte, um auf seinen endlichen Zustand zu gelangen. Im Allgemeinen zeigte sich, dafs wenn die magnetischen Kräfte des Stabes zunahmen, der Indifferenzpunkt sich langsam der Mitte des Stabes näherte, oder dafs er sich von dieser entfernte, wenn sie abnahmen.

Dieser Einflufs des Erdmagnetismus auf die Vertheilung und Intensität der freien magnetischen Kräfte eines Magnetstabes, wurden noch mehr durch die folgenden Beobachtungen bestätigt.

Derselbe Stab wurde auf's Neue, seiner ganzen Länge nach, über den Nordpol eines grofsen künstlichen Magnetstabes hinweggeführt, ganz wie vorhin, nur öfterer, damit er ganz die magnetische Kraft erhielt, welche diese Magnetisirungsmethode zu erregen im Stande war. Er wurde alsdann, in gleichem Abstande wie vorhin, wiederum vor die Nadel gestellt. und man beobachtete auf's Neue die Dauer der Schwingungen.

Der Nordpol des Stabes nach oben gerichtet.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
167,5	4′ 46″,4	+ 0,3109	+ 4	287,5	2′ 50″,8	+ 0,0900	+ 1
207,5	3 54, 4	0,2508	3	327,5	2 32, 0	0,0000	0
247,5	3 17, 6	0,1767	2	367,5	2 17, 6	— 0,0953	— 1

I.	II.	III.	IV.
407,5	2′ 7″,2	— 0,1852	— 2
447,5	1 59, 6	0,2663	3
487,5	1 54, 4	0,3313	4
527,5	1 51, 2	0,3759	5

OCT 1644 U.S. PATENT OFFICE

Und nachdem man den Stab umgekehrt hatte:

Der Nordpol des Stabes nach unten gerichtet.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
527,5	1′ 50″,4	— 0,3876	5	407,5	2′ 7″,2	— 0,1852	2
487,5	1 53, 6	0,3421	4	367,5	2 17, 6	0,0953	1
447,5	1 59, 2	0,2710	3	327,5	2 32, 0	0,0000	0

I.	II.	III.	IV.
287,5	2′ 51″,6	+ 0,0932	+ 1
247,5	3 18, 8	0,1798	2
207,5	3 58, 0	0,2563	3

Hier ist der Magnetismus des Stabes eben so grofs in seiner zweiten Stellung, wie in seiner ersten; aber der Indifferenzpunkt ist noch an derselben Stelle geblieben. Dieser letztere Umstand war indefs nicht von langer Dauer; am andern Morgen hatte sich der Indifferenzpunkt um zwei Millimeter der Mitte genähert und die Kraft des Nordpols sich ein wenig vergröfsert. Nachdem der Magnetstab abermals umgekehrt worden, so dafs er genau in seiner erstern Stellung war, fand sich: dafs er noch nicht völlig auf seinen früheren Zustand zurückgekommen war; diefs hat man der Coërcitivkraft des Stahles zuzuschreiben, wodurch derselbe den einmal erhaltenen Magnetismus nur schwer verliert.

Aus dem Vorhergehenden ist also klar:

1) Dafs der Indifferenzpunkt stets dem stärkeren Pole näher liegt, als dem andern.

2) Dafs ein senkrechter Magnetstab gröfsere Kraft besitzt, wenn (in unserer Halbkugel) der Nordpol nach unten gerichtet ist, als in der umgekehrten Stellung.

3) Dafs ein Stab, den man nach der oben angewandten Methode magnetisirt, d. h. den man seiner ganzen Länge nach mit einem einzigen Pol eines Magneten bestrichen hat, immer stärker ist an dem Pole, den der Pol des Magneten unmittelbar erregt. Der Indifferenzpunkt ist also diesem Pole immer näher, als dem andern; aber er nähert sich der Mitte, wenn der Magnetismus des Sta-

bes auf der ganzen Länge desselben gleichförmig zunimmt.

Diese Gesetze wurden noch durch eine grofse Zahl von Versuchen bestätigt, deren Erwähnung hier überflüssig seyn würde. Ich werde in den beiden folgenden Tafeln nur eine Beobachtungsreihe so zusammenstellen, die mit einem nach der Coulomb'schen Methode des Doppelstrichs bis zur Sättigung magnetisirten Stabe angestellt worden ist. Die Nadel hatte einen kleinen Theil ihres Magnetismus verloren; sie gebrauchte 2′ 33″,2 zu 100 Schwingungen.

Der Nordpol des Stabes nach oben gerichtet.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
300	2′ 33″,2	0,0000	0	420	1′ 37″,6	− 0,6239	− 3
340	2 4, 4	− 0,2201	− 1	460	1 31, 2	0,7763	4
360	1 48, 0	0,4313	− 2	500	1 27, 2	0,8891	5

I.	II.	III.	IV.
540	1′ 25″,2	− 0,9515	− 6
260	3 43, 2	+ 0,2253	+ 1

Hier drehte sich die Nadel um.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
220	15′ 26″	+ 0,4144	+ 2	140	2′ 48″,4	+ 0,7787	+ 4
180	3 44, 8	0,6239	3	100	2 27, 2	0,8876	5

I.	II.	III.	IV.
60	2′ 18″,8	+ 0,9451	+ 6

Der Nordpol des Stabes nach unten gekehrt.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
304	2′ 33″,2	0,0000	0	424	1′ 37″,2	− 0,6324	− 3
344	2 4, 4	− 0,2201	− 1	464	1 30, 4	0,7975	− 4
384	1 48, 0	− 0,4313	− 2	504	1 26, 8	0,9012	− 5

I.	II.	III.	IV.
544	1′ 24″,8	− 0,9645	− 6
266	3 40, 0	+ 0,2195	+ 1

Hier drehte sich die Nadel um.

I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
184	3′ 44″,0	+ 0,6254	+ 3	104	2′ 25″,6	+ 0,8978	+ 5
144	2 47, 2	0,7838	+ 4	64	2 17, 2	0,9573	+ 6

In diesen beiden letzten Tafeln betrug der Horizontal-Abstand des Mittelpunkts der Nadel vom Magnetstab 315 Millimeter. Da die Dauer von 100 Schwingungen der Nadel nicht genau 2′ 33″,2, sondern ein wenig geringer war, so kann die oben angezeigte Lage des Indifferenzpunktes um 1 oder 2 Millimeter fehlerhaft seyn.

Der nämliche Stab, an mehreren vereinigten Fäden von ungezwirnter Seide aufgehangen, machte 40 Schwingungen in 884″8.

Das obige, aus den Beobachtungen abgeleitete Gesetz erstreckt sich, wie leicht zu ersehen, auch auf die horizontale Lage. Ich zog auf ein Blatt Papier mehrere Parallellinien und legte sie so genau wie möglich in den magnetischen Meridian. Diese Linien wurden von einer andern senkrecht durchschnitten. Eine kleine Magnetnadel, welche unter einer Glocke an einem sehr feinen Faden von ungedrehter Seide horizontal aufgehängt war, wurde dem Papier sehr nahe gebracht, und zwar so, dafs ihr Mittelpunkt sich genau über dem Punkte befand, wo sich eine der Parallellinien mit der Querlinie durchschnitt. Hiedurch coïncidirte die Nadel genau mit der Linie, über welcher sie aufgehängt war, und die geringste Abweichung von derselben konnte leicht bemerkt werden. Dieser Apparat konnte auch gebraucht werden, um den Indifferenzpunkt des Stabes und die Stärke seiner Pole auszumitteln. Um an dem Stab den Indifferenzpunkt aufzufinden, brauchte man ihn nur auf eine der Linien, die mit der Richtung der Nadel parallel waren, zu legen, und ihn dann so lange hin und her zu schieben, bis er die Nadel nicht mehr vom magnetischen Meridian ablenkte. Der Durchschnittspunkt des Stabes (als Linie

betrachtet) mit derjenigen Querlinie, die senkrecht gegen die Nadel durch deren Mittelpunkt ging, mufste dann der Indifferenzpunkt des Stabe sseyn. Um endlich die Kraft eines seiner Pole zu finden, legte man den Stab in die Verlängerung der Nadel, in einem gewissen Abstand von derselben, und beobachtete die Dauer ihrer Schwingungen; woraus man dann, nachdem man zuvor die Dauer einer Occillation derselben unter Einwirkung des Erdmagnetismus beobachtet hatte, leicht die magnetische Kraft des Poles berechnen konnte.

Bei den folgenden Versuchen bestimmte man zunächst den Indifferenzpunkt des Stabes; dann legte man den Stab auf die Linie der Nadel, 14 Centimeter von deren Mittelpunkt, zuerst südwärts und dann nordwärts derselben, und beobachtete nun die Dauer einer gewissen Zahl von Schwingungen. Endlich wurde der Stab umgekehrt und dieselben Operationen wiederholt.

Der Stab war cylindrisch, aus ungehärtetem Gufsstahl verfertigt, 60,3 Centimeter lang und 12,5 Millimet. dick. Die Nadel hielt 14 Millmet. in Länge, und machte, unter blofser Einwirkung des Erdmagnetismus, 100 Schwingungen in $2' 38'',4$.

Zunächst wurde der Stab bis zur Sättigung magnetisirt und auf die Linie der kleinen Nadel gelegt, so dafs sein Nordpol gegen Norden gerichtet war. Als der Stab sich südwärts von der Nadel befand, so dafs sein Nordpol dem Südpol der Nadel zugewandt war, machte diese 200 Schwingungen in $1' 45'',6$, was einer Kraft von 3,1885 entspricht Als der Stab darauf nach der andern Seite der Nadel gebracht wurde, jedoch so, dafs er seine Lage in Bezug auf die Weltgegenden behielt, also mit seinem Südpol gegen den Nordpol der Nadel gekehrt war, machte diese 200 Schwingungen in $1' 45'',2$, was eine Kraft von 3,2157 giebt *).

Jetzt

*) Aus dem Unterschiede zwischen diesen beiden Zahlen ersieht man, dafs dieser Stab nicht ganz gleichförmig magnetisirt worden war; was auch bei einem Stabe von dieser Länge sehr schwer zu erreichen ist.

Jetzt wurde der Stab umgekehrt, so dafs sein Nordpol gegen Süden lag. Die kleine Nadel drehte sich ebenfalls um, und machte in den beiden Lagen, nord- und südwärts des Stabes, 200 Schwingungen in $1'\,1''{,}6$ und $1'0''{,}8$; was die Kräfte 3,0339 und 3,1037 giebt. Man sieht also, dafs der Stab eine weit beträchtlichere Kraft ausübte, wenn er mit seinem Nordpol gegen Norden gerichtet war, als in der umgekehrten Lage.

Der Indifferenzpunkt dieses Stabes war 30,26 Centimeter vom Nordpol entfernt; er lag also dem Südpol ein wenig näher, als dem Nordpol.

Bei mehreren andern Versuchen, wobei der Indifferenzpunkt des Stabes ziemlich von dessen Mitte entfernt war, bemerkte man, aufser derselben Zunahme der magnetischen Kraft, eine Näherung des Indifferenzpunktes zur Mitte, wenn der Stab, der zuvor mit seinem Nordpol gegen Süden gerichtet war, umgekehrt wurde.

Wenn man einen stark magnetisirten Stab in zwei verschiedenen Abständen, z. B. in Abständen von 14 und 10 Centimeter auf die Linie der Nadel legt, so findet man, dafs die Wirkungen des Stabes auf die Nadel sich in diesen beiden Lagen fast genau umgekehrt wie die Abstände der Enden des Stabes vom Mittelpunkt der Nadel verhalten. Diefs beweist, dafs der Mittelpunkt der Kräfte, die auf die Nadel wirken, sehr nahe am Ende des Stabes liegt. Man findet den Abstand a dieses eingebildeten Punktes vom Ende des Stabes bei der Annahme, dafs die von dem Stabe ausgeübten Kräfte in umgekehrtem Verhältnisse der Abstände dieses Punktes vom Mittelpunkt der Nadel stehen müssen, durch die Formel:

$$a=\frac{b'\sqrt{K'}-b\sqrt{K}}{\sqrt{K}-\sqrt{K'}}$$

in welcher b, b' die beiden successiven Abstände des Stabendes vom Mittelpunkt der Nadel, und K, K' die

bei diesen beiden Abständen vom Stabe ausgeübten Kräfte bezeichnen.

Vergleicht man auf diese Weise zu je zwei mehrere Beobachtungen, die bei verschiedenen Abständen des Stabes vom Mittelpunkt der Nadel gemacht sind, so findet man Werthe von a, die nicht genau die nämlichen sind, sondern sehr wenig von einander abweichen. In den bis zur Sättigung magnetisirten Stäben ist der Werth von a immer sehr klein und negativ, d. h. der Punkt, dessen Abstand vom Ende des Stabes durch a ausgedrückt ist, und der den Mittelpunkt der auf die Nadel wirkenden Kräfte darstellt, fällt zum Ende des Stabes hinaus. In schwach magnetisirten Stäben, wenn der Indifferenzpunkt etwas von ihrer Mitte entfernt liegt, ist der Werth von a an dem schwächeren Ende positiv und kann sehr grofs werden, wie man aus dem folgenden Versuche ersieht.

Ein cylindrischer Stab von Gufsstahl, der dem vorhergehenden ganz ähnlich war, wurde mit einem seiner Enden mit dem Nordpol eines sehr starken künstlichen Magneten in Berührung gesetzt. Es fand sich, dafs der Indifferenzpunkt um 8,8 Centimeter vom Südpol ablag. Der Stab wurde auf die Linie der Nadel gelegt, so dafs der Südpol des Stabes dem Süddpol der Nadel zugewandt war; als der Stab mit seinem Ende um 14 Centimeter vom Mittelpunkt der Nadel abstand, gebrauchte die Nadel $5'\,0'',0$ zu 100 Schwingungen, und als jener Abstand 10 Centimeter betrug, drehte die Nadel sich um, und gebrauchte nur $3'\,46'',4$ zu derselben Zahl von Schwingungen. Die diesen Schwingungszeiten entsprechenden Kräfte sind 0,2874 und 0,5936, und daraus findet man $a = -0^{c},85$.

Der Stab wurde nun auf die andere Seite der Nadel gebracht, ohne ihn in seiner Lage gegen die Weltgegenden zu ändern, so dafs also der Nordpol des Stabes auf den Nordpol der Nadel wirken mufste. Die Nadel machte 100 Schwingungen bei 14 Centim. Abstand

in 2′ 44″,4, und bei 10 Centim. Abstand, in 2′ 46″,8. Diefs giebt $K=0{,}0286$; $K'=0{,}0391$, und $a=+13{,}83$. Nachdem der Stab umgekehrt worden, so dafs sein Nordpol gegen Norden lag, fand sich die Kraft des Südpols, bei 14 Cent. Abstand, gleich 0,2959, und, bei 10 Cent. Abstand, gleich 0,6015, die Kraft des Nordpols am Stabe dagegen, bei 14 Centim. Abstand, $=0{,}0320$, und bei 10 Centim. Abstand, $=0{,}0555$.

Bei einem anderen Versuche lag der Indifferenzpunkt des Stabes 9,0 Centim. vom Südpol. Als der Nordpol des Stabes gegen Süden gerichtet war, fand sich die Kraft des Südpols, bei 14 Centim. Abstand, $=0{,}2978$, und, bei 10 Cent. Abstand, $=0{,}6059$; die Kraft des Nordpols dagegen, beim ersteren Abstande, $=0{,}0304$, und, beim zweiten, $=0{,}0409$. Diefs giebt $a=-0{,}595$ für den Südpol und $a=+11{,}42$ für den Nordpol.

Man sieht aus diesen Beobachtungen, dafs der Werth von a um so gröfser ist, je weiter der Indifferenzpunkt von der Mitte des Stabes entfernt liegt, und, dafs er negativ ist an dem Ende, welchem der Indifferenzpunkt sich genähert hat, und positiv an dem andern Ende.

Die Erscheinungen, welche ich angeführt habe, sind vielleicht hinreichend, um die Anomalien zu erklären, welche Hr. Barlow bei den Anziehungen von glühenden Eisenstäben bemerkt hat. Wir haben vorhin gesehen, dafs der Indifferenzpunkt von sehr schwach magnetisirten Stäben sich deren Enden sehr nähert. Da der Magnetismus, welcher dem weichen Eisen durch die Wirkung der Erde mitgetheilt wird, bei heller Rothgluth null ist, und beim dunklen Glühen sein Maximum erreicht, so ist es wahrscheinlich, dafs sich an jedem Ende des Stabes ein Indifferenzpunkt bildet, so dafs, wenn man sich mit einer Boussole nur wenig von diesen Enden entfernt, man auf Punkte trifft, die schon jenseits des Indifferenzpunktes liegen und einen Magnetismus besitzen, der dem am Ende selbst vorhandenen entgegengesetzt ist

In dieser ersten Epoche der Erkaltung mufs selbst der Magnetismus, der dem am Ende befindlichen entgegengesetzt ist, bis zu einem gewissen Punkt wachsen, um so mehr, als man sich der Mitte des Stabes nähert; allein in dem Maafse, als die Kraft des Stabes wächst, kommt der Indifferenzpunkt der Mitte näher, und alles tritt in die Ordnung der gewöhnlichen Erscheinungen zurück *).

Hier noch einige Versuche, welche mit demselben Apparate über den Einflufs angestellt sind, welche die Form der Enden des Stabes auf die magnetische Kraft desselben und auf die Lage des Indifferenzpunktes ausübt. Ein 43 Centimet. langer und $12\frac{1}{2}$ Millim. dicker, cylindrischer Stab von ungehärtetem Gufsstahl, wurde an einem seiner Enden zugerundet, darauf bis zur Sättigung magnetisirt und auf die Linie der Nadel gelegt, in einem Abstande von 14 Centimet. von derselben. Als der Nordpol des Stabes gegen Süden gerichtet war, fand sich die Kraft des Nordpols am abgerundeten Ende $=2{,}0319$, und die des Südpols $=2{,}1558$. In umgekehrter Lage des Stabes war die magnetische Kraft des Nordpols $=2{,}2198$, und die des Südpols $=2{,}3006$. Der Indifferenzpunkt lag in der Mitte des Stabes.

Dasselbe Ende, welches bei dem vorigen Versuche zugerundet war, wurde spitz gefeilt, und bei mehreren aufeinanderfolgenden Versuchen, wobei der Stab jedesmal bis zur Sättigung magnetisirt wurde, immer schärfer. Die Kraft des zugespitzten Poles nahm in dem Maafse ab, als die Spitze schärfer wurde; der Indifferenzpunkt entfernte sich immer mehr von diesem Ende, und der Werth von a, welcher zu Anfange negativ war, nahm immer mehr ab, bis er Null wurde und endlich das Zeichen wechselte; so dafs, als der Kegel, in welchen dieses Ende des Stabes sich verlief, eine Höhe von 16 Millimeter hatte, $a=+0{,}71$ Centim. gefunden wurde.

*) Genauer sind diese Erscheinungen von Hrn. Dr. Seebeck in Bd. 10. S. 47. dies. Annal. untersucht. *P.*

Die Temperatur, welche einen so merklichen Einfluſs auf die Intensität der magnetischen Kräfte ausübt, muſs wahrscheinlich auch auf die Vertheilung derselben von Einfluſs seyn. Dieſs werden die folgenden Versuche aufser allem Zweifel setzen.

Ein Parallelepiped von gehärtetem Stahl, 503 Millim. Länge, $15\frac{1}{4}$ Millim. Breite und 5 Millim. Dicke, wurde bis zur Sättigung magnetisirt und senkrecht vor einer Nadel aufgestellt, in demselben Apparate, der bei unseren ersten Beobachtungen zur Bestimmung der magnetischen Kraft der verschiedenen Punkte eines Magnetstabes gedient hatte. Blofs durch den Erdmagnetismus angeregt, machte derselbe 50 Schwingungen in 268″. Die folgende Tafel enthält die gesammten Beobachtungen, die Spalte II. darin giebt die Dauer von 200 Schwingungen der Nadel.

I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
156,5	260″	0,5569	96,5	181″	1,1862	46,5	151″	1,7195
146,5	243	0,6426	76,5	165	1,4311	36,5	150	1,7430
136,5	228	0,7374	66,5	159	1,5441	16,5	154	1,6518
116,5	202	0,9455	56,5	154	1,6518	— 6,5	169	1,3659

Derselbe Stab wurde bis zu 80° Reaum. erhitzt, und nach dem Erkalten wieder in den Apparat gebracht. Die Kraft hatte beträchtlich abgenommen, wie man aus folgender Tafel ersieht.

I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
156,5	291″	0,4376	116,5	229″	0,7280	76,5	191″,5	1,0559
136,5	256	0,5765	96,5	208	0,8897	56,5	180, 5	1,1929

Diese Beobachtungen zeigen uns, dafs der durch die Wärme veranlafste Verlust von Magnetismus nicht gleichförmig war in der ganzen Länge des Stabes, sondern nach den Enden hin beträchtlicher war, als gegen die Mitte. Denn, wenn man die Kräfte, welche denselben Punkten des Stabes vor der Erwärmung angehörten, durch die nach derselben dividirt, so sind die Quotienten um

so gröfser, je näher die Punkte den Enden des Stabes liegen. So ist

$$\frac{0{,}5569}{0{,}4376} = 1{,}2727 \text{ kleiner als } \frac{1{,}6518}{1{,}1929} = 1{,}3763$$

und so fort.

Derselbe Stab wurde auf's neue magnetisirt und horizontal auf seine schmale Seite in den magnetischen Meridian gelegt, in einem gewissen Abstande von einer sehr kleinen Magnetnadel, die sich in der Verlängerung des Stabes befand. Die Nadel, blofs durch den Erdmagnetismus angeregt, machte 100 Schwingungen in 490″. Es wurden dem Stabe verschiedene Abstände von dem Mittelpunkt der Nadel gegeben, und dieselben mit Sorgfalt gemessen; sie sind in der Spalte I. der folgenden Tafel enthalten. Die Spalte II. enthält die Dauer von 100 Schwingungen der Nadel, und die Spalte III. die Kräfte, welche diesen Schwingungszeiten entsprechen.

I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
197m*)	427″	0,1777	157	350″	0,2849	117	266″	0,5237
187	409	0,1975	147	329,5	0,3267	107	243,5	0,6330
177	390	0,2213	137	309	0,3773	97	221	0,7773
167	370	0,2505	127	288	0,4406	87	198	0,9787
						77	174	1,2795

Jetzt wurde der Stab fortgenommen und bis zur Siedhitze des Wassers erhitzt. Nach dem Erkalten wurde er wieder an seinen Ort gelegt und die Schwingungen der Nadel auf's neue beobachtet; sie sind in folgender Tafel enthalten.

I.	II.	III.	I.	II.	III.	I.	II.	III.
197m	483″	0,1298	137	365″	0,2586	77	224″	0,7556
177	446	0,1595	117	320	0,3490	67	198	0,9787
157	406?	0,2010	97	273	0,4951	57	172	1,3104
						47	146	1,8349

*) Ob nicht Millimeter? *P.*

Bei den zwei letzten Beobachtungen war die Anziehung so stark, dafs die Nadel dem Stabe ein wenig näher rückte, so dafs die aus ihnen abgeleiteten Kräfte ein wenig zu grofs sind.

Berechnet man aus den Angaben in den beiden letzten Tafeln die Werthe von a, so findet man, dafs sie in der vorletzten Tafel negativ, und in der letzten positiv sind. Der Mittelpunkt der in Richtung des Stabes wirkenden magnetischen Kräfte, welcher über das Ende des Stabes hinausfällt, wenn dieser bis zur Sättigung magnetisirt ist, nähert sich also durch Erwärmung dem Ende ein wenig, und befindet sich endlich in einem kleinen Abstande seitwärts von der Mitte des Stabes. Durch die 1ste und 7te Beobachtung der vorletzten Tafel findet man $a = -0^{mm},57$, und durch die 7te und 3te Beobachtung der nämlichen Tafel $a = -0^{mm},39$; aber in der letzten Tafel geben die 1ste und 4te Beobachtung $a = +0,88$, und die 4te und 8te Beobachtung $a = +0,75$.

Ich will hier noch einige Beobachtungen anführen, die sich auf die Vertheilung des Magnetismus in bis zur Sättigung magnetisirten Stäben beziehen, und bei denen eine Nadel von Magnetkies gebraucht wurde, von einer Substanz, die einen sehr schwachen Magnetismus annimmt, aber ihn sehr lange behält. Diese Nadel konnte dem Magnetstabe, der senkrecht stand, bis auf einen Horizontalabstand von nur 4 Centimetern genähert werden. Der Stab war 361^{mm} lang und 8^{mm} dick, cylindrisch und von sehr gehärtetem Stahl. Die Beobachtungen sind in der folgenden Tafel zusammengestellt.

I.	II.	III.	IV.		I.	II.	III.	IV.
182	10′ 35″,2	0,0003	0		102	1′ 40″,8	0,9598	2
172	4 33, 6	0,1094	$\frac{1}{4}$		82	1 28, 8	1,2438	$2\frac{1}{2}$
162	3 22, 0	0.2207	$\frac{1}{2}$		62	1 20, 4	1,5226	3
152	2 47, 2	0,3334	$\frac{3}{4}$		42	1 15, 8	1,7252	$3\frac{1}{2}$
142	2 24, 4	0,4552	1		22	1 13, 6	1,8216	4
122	1 58, 0	0,6938	$1\frac{1}{2}$	+	2	1 23, 0	1,4272	$4\frac{1}{2}$

I.	II.	III.	IV.
— 18	1′ 56″,5	0,7091	5
— 38	2 52, 8	0,3105	5½
— 58	3 56, 4	0,1551	6
— 78	4 59, 6	0,0870	6½
— 98	5 59, 0	0,0532	7
118	6 52, 0	0,0345	7½

Die kleine Nadel war 13 Millimeter lang, quadratisch und 3 Millimeter dick. Sie machte, durch blofse Einwirkung der Erde, 50 Schwingungen in 5′ 20″.

VII. *Ueber die Zusammensetzung des Haytorits.*

Die Form und die physischen Eigenschaften des Haytorits sind im X. Bande dieser Annalen beschrieben worden. Aus der Analyse, die ich mit diesem Minerale angestellt habe, und zu der mich Hr. Prof. Weifs gütigst mit Material versah, geht hervor, dafs dieses Mineral blofs aus Kieselerde besteht.

Beim Glühen in einem Platintiegel werden Stücke von Haytorit undurchsichtig, milchweifs, wie Chalcedon, nur hier und da braunroth von Eisenoxyd, und verlieren dabei 0,5 Procent.

In Flufssäure löst sich das gepulverte Mineral leicht und vollständig auf. Beim Abdampfen bleibt nur eine Spur von flufssaurem Eisen zurück, weil sich sämmtliche Kieselerde mit der Flufssäure verflüchtigt. Auf diese Art hätte indessen auch ein möglicher Gehalt von Boraxsäure verflüchtigt werden können. Ich schmolz daher 0,429 Grm. trocknes Steinpulver mit 4—5 Mal so viel kohlensaurem Natron im Platintiegel über der Spirituslampe. Die vollkommen geschmolzene Masse löste sich in reinem Wasser leicht und vollständig auf. Die Auflösung wurde durch Salzsäure zersetzt, eingetrocknet, in salzsäurehaltigem Wasser wieder aufgelöst und die zurückbleibende Kieselerde abfiltrirt. Sie wog 0,423 Grm., also 0,006 weniger, als das angewandte Fossil. Aus der davon filtrirten Auflösung schlug Ammoniak 0,001 Eisenoxyd nieder, was mechanisch eingemengt war, und dessen Menge in verschiedenen Krystallen ungleich ist. Hundert Theile Haytorit gaben also: Kieselerde 98,5, Eisenoxyd 0,2; Glühverlust 0,5.

Wöhler.

VIII. *Ueber die Krystallformen und die Zusammensetzung der schwefelsauren, selensauren und chromsauren Salze;*

von E. Mitscherlich.

Ich will es versuchen, eine Verpflichtung zu erfüllen, zu der ich mich durch frühere Abhandlungen und Versprechungen verbunden fühle; ich habe in den verflossenen Jahren mir den gröfsten Theil der krystallisirten Körper zu verschaffen gesucht, und bisher nur einzelne Reihen, wie die phosphorsauren und arseniksauren Salze, oder einzelne Erscheinungen, wie das Krystallisiren des Schwefels, in zwei verschiedenen Formen herausgesucht, um dadurch einzelne Theile der Theorie der Chemie, Physik oder Mineralogie zu erklären. Meine Absicht ist jetzt, in einer Reihe von kleineren Abhandlungen die Krystallformen der wichtigsten einfachen und zusammengesetzten Körper zu beschreiben, und zugleich ihre Zusammensetzung und ihre chemischen und physicalischen Eigenschaften anzuführen, indem ich die für die Krystallographie oder für den Zusammenhang der Krystallform mit der chemischen Zusammensetzung und mit den optischen oder andern Eigenschaften interessante Körper weitläuftiger, andere dagegen nur ganz kurz beschreiben werde. Ich habe aus diesem Grunde die schwefelsauren, selensauren und chromsauren Salze zuerst gewählt, weil bei diesen Salzen fast alle Erscheinungen, worauf die Lehre vom Zusammenhang der Krystallform und chemischen Zusammensetzung, und worauf die Krystallographie selbst beruht, vorkommen; aufserdem kann ein jeder sich die schwefelsauren Salze verschaffen, so dafs man an diesen Salzen die Krystallographie und Isomorphie am leichtesten studiren und erlernen kann, und zugleich eig-

nen sie sich am besten zur Wiederholung der wichtigsten Thatsachen.

Das schwefelsaure Silberoxyd.
Das selensaure Silberoxyd.
Das wasserfreie schwefelsaure Natron.
Das wasserfreie selensaure Natron.

Die einfache Form dieser Salze ist ein Rhomben-Octaëder, Taf. I. Fig. 1., zu dem die Flächen *d*, *n* und *a* Fig. 2. hinzukommen.

Die Fläche *d* ist unter denselben Winkel gegen die anliegenden Flächen *P* geneigt.

Die Fläche *n* ersetzt die Kante *D*, und bildet mit den anliegenden Flächen *P*, gegen die sie gleich geneigt ist, einander parallele Kanten.

Die Flächen *a* bilden ein stumpferes Octaëder; die Kanten zwischen *a* und *P* sind denen zwischen *P* und P^{II} parallel; die Kante, die die Flächen dieses stumpfen Octaëders mit den Flächen des schärferen bildet, sind einer Fläche, die durch die Kanten *D D* geht parallel; durch eine Messung der Neigung von *a* zu a^{II} wurde gefunden, dafs tang. $\frac{1}{2}$ *c*:c^{I} zu tang. $\frac{1}{2}$ *C*:C^{I} wie 3:1 sich verhalte.

Nach der Fläche *d* ist der blättrige Bruch sehr ausgezeichnet, nach den Flächen *P* gleichfalls sehr deutlich.

Gewöhnlich erscheinen die Krystalle so, wie ich sie gezeichnet habe; manchmal verlängern sie sich nach der Richtung von P^{I} und *P*, so dafs sie alsdann als Prismata erscheinen, deren Seitenflächen durch *P* und P^{I} gebildet werden, und dessen scharfe Seitenkante durch die Fläche *d* ersetzt wird.

Bei allen vier Verbindungen ist Anzahl und Ausbildung der Flächen vollkommen dieselbe.

Das schwefelsaure Silberoxyd ist vom schwefelsauren Natron, was die Winkel anbetrifft, etwas verschieden, *P* neigt sich gegen P^{I} beim schwefelsauren Natron unter 135° 41′, beim selensauren Natron unter ungefähr 134° 22′, beim schwefelsauren Silber unter 136° 20′, beim selen-

sauren Silber unter 135° 42′; P neigte sich gegen P^{II} beim schwefelsauren Natron unter 123° 43′, beim schwefelsauren Silber unter 125° 11′, beim selensauren Natron, unfähr 123° 13′, beim selensauren Silberoxyd unter 123° 30′.

Nach der eben angeführten Messung des schwefelsauren Natrons sind die Winkel der Krystalle folgende:

$P:P^{I}=135°\ 41'$
$P:P^{II}=123°\ 43'$
$P^{I}:P^{II}=104°\ 18'$
$n:n^{I}=129°\ 21'$
$C:C^{I}=118°\ 46'$
$P:d=134°\ 19'$
$n:d=125°\ 19\frac{1}{2}'$
$a^{I}:a^{IIII}=63°\ 51\frac{1}{2}'$
$a^{I}:P^{I}=150°\ 4\frac{1}{4}'$
Kante $e:e^{I}=121°\ 13'$

Diese vier Salze sind neutrale Verbindungen ohne Krystallwasser, und daher zusammengesetzt

das schwefelsaure Silberoxyd aus:

Schwefelsäure	25,66
Silberoxyd	74,34

das selensaure Silberoxyd aus:

Selensäure	35,37
Silberoxyd	64,63

das schwefelsaure Natron aus:

Schwefelsäure	56,18
Natron	43,82

das selensaure Natron aus:

Selensäure	67,03
Natron	32,97.

Die Eigenschaft des schwefelsauren Natrons, aus einer warmen Auflösung ohne Wasser zu krystallisiren, ist zuerst von Haidinger entdeckt worden; eine Entdeckung, die durch die grofse Anzahl von Salzen, von denen es sich später gezeigt, dafs sie bei einer erhöhten Temperatur entweder ohne Wasser oder mit weniger Wasser krystallisiren, für die Lehre von der Isomorphie

von grofser Wichtigkeit geworden ist. Man erhält das wasserfreie schwefelsaure und das wasserfreie selensaure Natron sehr leicht, wenn man eine concentrirte Auflösung bei einer Temperatur über 33° C. krystallisiren läfst, oder wenn man Krystalle von wasserhaltigem schwefelsauren oder selensauren Natron, die man in eine Schaale oder auf Papier gelegt hat, durch Erwärmen langsam entwässert; ich habe auf diese Weise Krystalle von der Länge eines halben Zolls erhalten; auch wenn man wasserfreies schwefelsaures Natron schmilzt, erhält man diese Krystalle. Das wasserfreie schwefelsaure Natron bildet sich auch durch die Sonnenhitze in Spanien; es ist von Casaseca als ein eigenthümliches Mineral entdeckt, und von Cordier krystallographisch beschrieben. Cordier's Beschreibung, obgleich er keine gute mefsbare Krystalle erhielt, stimmt ziemlich mit meinen Angaben überein.

Es ist unstreitig, dafs die sonderbare Erscheinung, die das schwefelsaure und selensaure Natron, was ihre Löslichkeit im Wasser anbetrifft, zeigen, dafs nämlich der Punkt der gröfsten Löslichkeit (eine Beobachtung, die Gay-Lussac zuerst beim schwefelsauren Natron gemacht hat) bei beiden Salzen bei ungefähr 33° C. statt findet, und über und unter dieser Temperatur die Löslichkeit abnimmt, mit der Bildung der wasserfreien Salze zusammenhängt; denn bis 33° C. ist ein Körper, der Krystallwasser enthält, in der Auflösung; jenseits dieser Temperatur ein Körper ohne Krystallwasser, also eine andere Verbindung. Beim Kochsalz ist es ganz derselbe Fall, dessen Löslichkeit bei —10° viel geringer ist, als von 0 bis 100°, weil alsdann ein Körper mit Krystallisationswasser sich in der Flüssigkeit befindet. Auch das schweflichtsaure Natron hat eine ähnliche Eigenschaft als das schwefelsaure und selensaure, was die Löslichkeit anbetrifft, aber auch diefs krystallisirt bei einer erhöhten Temperatur ohne Krystallisationswasser. Schon die isomorphen arseniksauren und phosphorsauren Salze sind fast ganz gleich löslich

in Wasser, und in der That folgt noch aus vielen andern Erscheinungen, dafs ein inniger Zusammenhang zwischen der Löslichkeit in Wasser und der gleichen Krystallform statt findet; doch wird dieser durch manche Nebenumstände bedingt, z. B. durch verschiedene Verwandtschaft der Salze zum Wasser, die durch wenige Temperaturgrade verändert wird, und durch andere noch nicht aufgefundene Ursachen. Die Schmelzbarkeit der Körper scheint in gar keinem Verhältnifs zu ihrer Form zu stehen, so dafs von isomorphen Körpern einige sehr leicht schmelzbar, andere fast ganz unschmelzbar sind, alle Silicate, z. B. der Talkerde, sind unschmelzbar, die des Manganoxyduls sehr leicht schmelzbar.

Das wasserfreie selensaure Natron erhält man noch leichter, als das schwefelsaure, da es bei einer noch etwas niedrigeren Temperatur, als das schwefelsaure, ohne Wasser krystallisirt. Genau die Temperatur anzugeben, bei der die wasserfreien Salze anfangen sich zu bilden, ist sehr schwer; bei beiden Salzen tritt diefs gewifs bei 40° C. ein.

Selensaures und schwefelsaures Silberoxyd erhält man am besten, wenn man diese Körper aus einer Auflösung in Salpetersäure krystallisiren läfst; also am leichtesten, wenn man salpetersaures Silber mit Schwefelsäure oder Selensäure fällt, und die Fällung in Salpetersäure auflöst; beide Salze sind nur wenig in Wasser löslich, und nur etwas mehr in Salpetersäure. Vergleicht man die Löslichkeit dieser Salze mit der der Natronsalze, so sieht man, dafs die Isomorphie der Körper nicht allein die gleiche Löslichkeit hervorbringe.

Schwefelsaures Silberoxyd-Ammoniak.
Selensaures Silberoxyd-Ammoniak.
Chromsaures Silberoxyd-Ammoniak.

Die einfache Form dieser Salze ist ein gerades Prisma, Taf. I. Fig. 3., mit quadratischer Basis, zu dem die Flächen *a* und *d*, Fig. 4., hinzukommen.

Die Fläche d ist gleich gegen M und M^{I} geneigt, die Kanten, die sie mit dieser Fläche macht, sind einander parallel.

Die Flächen a ersetzen die Kante zwischen d und P, so dafs sie vergröfsert ein Quadrat-Octaëder bilden würden; durch sie wird die Höhe des Prisma's bestimmt.

M neigt sich gegen M und d gegen d unter 90° bei allen drei Verbindungen, die Fläche a neigt sich gegen P bei der schwefelsauren Verbindung nach einer Messung unter 127°, nach einer anderen unter 127° 13½′, bei der selensauren unter 127° 16⅓′, bei der chromsauren unter 127° 47′.

Wenn man von der Messung der Fläche a zu P zu 127° ausgeht, so sind die Neigungen folgende:

$M:d=135°$
$M:M^{I}=90°$
$d:d=90°$
$a:a^{III}=106°$
$a:d=127°$
$a:a^{II}=74°$

Man erhält diese Salze sehr leicht, wenn man gefälltes schwefelsaures, selensaures oder chromsaures Silberoxyd nur mit so viel erwärmtem concentrirten Ammoniak übergiefst, bis sich alles auflöst; beim Erkalten krystallisiren alsdann diese Verbindungen in schönen Krystallen heraus, die sich in Wasser unverändert und leicht wieder auflösen. Das schwefelsaure und selensaure Salz ist farbenlos und durchsichtig, das chromsaure gelb; die Krystalle der schwefelsauren Verbindung bleiben, lange der atmosphärischen Luft ausgesetzt, unverändert; die der selensauren Verbindung entwickeln Ammoniak; die der chromsauren Verbindung zersetzen sich am schnellsten.

Die Zusammensetzung der schwefelsauren Verbindung ist von meinem Bruder durch eine quantitative Bestimmung der einzelnen Bestandtheile ausgemittelt wor-

den, ich habe mich überzeugt, dafs die anderen beiden Salze der schwefelsauren Verbindung analog zusammengesetzt sind.

Die schwefelsaure Verbindung besteht aus:

Schwefelsäure	21,04
Silberoxyd	60,95
Ammoniak	18,01.

Die selensaure Verbindung also aus:

Selensäure	29,70
Silberoxyd	54,26
Ammoniak	16,04.

Die chromsaure Verbindung aus:

Chromsäure	25,74
Silberoxyd	57,32
Ammoniak	16,94.

Diese drei Verbindungen sind dem von Berzelius analysirten basischen schwefelsauren Kupferoxyd-Ammoniak analog zusammengesetzt. Sie enthalten doppelt so viel Ammoniak als zur Sättigung der Säure nothwendig ist, und die Säure würde mit dem Silberoxyd eine neutrale Verbindung bilden. Mein Bruder hat schon mehrere mögliche Fälle angeführt, wie man sich diese Verbindung zusammengesetzt denken kann; mir scheint jetzt die Annahme wahrscheinlich zu seyn, dafs sie aus einer Verbindung von neutralen Ammoniaksalzen mit Silberoxyd-Ammoniak bestehen. Das chromsaure Salz sieht nämlich gelb aus, wird aber, sobald es Ammoniak verliert, roth. Setzt man zu einer Auflösung dieser Verbindungen in Wasser kaustisches Kali, so fällt sogleich ein Niederschlag nieder, der aus Silberoxyd-Ammoniak besteht und heftig detonirt; späterhin krystallisirt noch von diesem Körper aus der Auflösung, indem Ammoniak fortgeht, heraus, denn Silberoxyd-Ammoniak ist in Ammoniak löslich.

Schwefelsaures Nickeloxyd.
Selensaures Nickeloxyd.
Selensaures Zinkoxyd.

Die einfache Form dieser Verbindungen ist ein Quadrat-Octaëder, Taf. I. Fig. 5., zu dem die Flächen *e*, *g*, *a*, *c* und *b*, Fig. 7. und 8., hinzukommen.

Die Fläche *e* ist gleich gegen die anliegenden Flächen *P* geneigt.

Die Fläche *g* ist gleichfalls gleich gegen die anliegenden Flächen *P* geneigt.

Die Fläche *a* ist gleichfalls gleich gegen die anliegenden Flächen *P* geneigt, und bildet mit ihnen einander parallele Kanten.

Die Fläche *c* bildet mit *g* und *P* parallele Kanten, es ist also ein stumpferes Octaëder, *c* ist gleich gegen die Flächen *a* geneigt, und bildet damit einander parallele Kanten, woraus folgt, dafs tang. $\frac{1}{2}\, c^{I} : c^{III}$ zu tang. $P^{I} : P^{III}$ sich wie 2:1 verhalten.

Die Flächen *b* bilden mit *a* und *g* parallele Kanten; sie bilden also ein stumpferes Octaëder, als die Flächen *a*; und da jede Fläche *b* mit *c* und *P* Kanten bildet, die einander parallel sind, so folgt daraus, dafs tang. $\frac{1}{2}\, b^{I} : b^{III}$ zu tang. $\frac{1}{2}\, a^{I} : a^{III}$ wie 3:2 sich verhält.

Nach der Fläche *g* findet ein sehr deutlicher blättriger Bruch statt.

Bei allen drei Salzen ist die Anzahl und Ausbildung der Flächen vollkommen dieselbe.

Die Winkel zeigten bei den Krystallen der verschiedenen Salze keine gröfsere Abweichung, als bei verschiedenen Krystallen desselben Salzes. Beim schwefelsauren Nickeloxyd neigte sich *P* zu P^{II} unter 139° 17½′, beim selensauren Zinkoxyd unter 138° 53′, beim selensauren Nickeloxyd unter 138° 56′.

Wenn man die Messung des selensauren Nickeloxyds zum Grunde legt, so ist die Neigung der Flächen zu einander folgende:

$P : P^{II}$

$P:P^{II}=138^{\circ}\ 56'$
$P:P^{IIII}=41^{\circ}\ 4'$
$P:P^{I}=97^{\circ}\ 4'$
$P:g=110^{\circ}\ 32'$
$e:e=90^{\circ}$
$e:g=90^{\circ}$
$P:e=131^{\circ}\ 28'$
$a:a^{IIII}=55^{\circ}\ 49'$
$a:g=117^{\circ}\ 54\frac{1}{2}'$
$a:e=152^{\circ}\ 5\frac{1}{2}'$
$a:a^{II}=124^{\circ}\ 11'$
$b:b^{IIII}=76^{\circ}\ 56\frac{1}{2}'$
$b:g=128^{\circ}\ 28\frac{1}{4}'$
$c:c^{IIII}=73^{\circ}\ 40'$
$c:g=126^{\circ}\ 50'$

In den drei Salzen verhält sich der Sauerstoff der Basis zum Sauerstoff der Säure, wie 1:3, und zum Sauerstoff das Wasser, nach dem Versuche nahe wie 1:7.

Das schwefelsaure Nickeloxyd besteht demnach aus:

Schwefelsäure	28,51
Nickeloxyd	26,71
Wasser	44,78

Das selensaure Nickeloxyd aus:

Selensäure	38,37
Nickeloxyd	22,90
Wasser	38,73

Das selensaure Zinkoxyd aus:

Selensäure	38,11
Zinkoxyd	24,13
Wasser	37,76

Ich werde im nächsten Heft eine andere Form des schwefelsauren Nickeloxyds und schwefelsauren Zinkoxyds beschreiben, die von dieser ganz verschieden ist; die

beiden verschiedenen Formen hängen von der Temperatur ab, bei der sich die Krystalle bilden. Selensaures Zinkoxyd bei einer Temperatur von 10° in prismatischen Krystallen krystallisirt, verändert seine Form schon dadurch, dafs es nur auf ein von der Sonne erwärmtes Papier gelegt wird. Sehr gut beobachtet man diese Erscheinung auch beim schwefelsauren Nickeloxyd, das bei einer Temperatur von 15° noch in prismatischen Krystallen krystallisirt; wenn grofse Krystalle dieses Salzes der Sonnenwärme in einem verschlossenen Gefäfs ausgesetzt werden, so behalten die Krystalle manchmal die äufsere Form so bei, dafs man z. B. die Neigung der Seitenflächen gegen einander noch durch Messung bestimmen kann, bricht man sie aber entzwei, so bestehen sie aus einer Menge von Krystallen, zuweilen von der Gröfse mehrerer Linien, die Quadrat-Octaëder sind; ich habe solche Quadrat-Octaëder messen können. Die Veränderung dauerte 2 — 3 Tage. Ich habe den Wassergehalt durch eine vollständige Analyse der Verbindung bestimmt; die in Quadrat-Octaëder veränderten prismatischen Krystalle, die viele Tage dem Sonnenlichte in einem offnen Glase ausgesetzt waren, gaben 30,14 Schwefelsäure, die Quadrat-Octaëder, die aus einer warmen Auflösung krystallisirt waren, 29,88 Proc. Schwefelsäure; nimmt man das Mittel, so enthält das Quadrat-Octaëder 30,02 Schwefelsäure, 28,13 Nickeloxyd und 41,85 Wasser, also 2,93 Wasser weniger als es, wenn sieben Proportionen Wasser darin sind, enthalten sollte. Es folgt aus dieser Erscheinung, wie aus vielen andern, die ich in meiner vorhergehenden Abhandlung angeführt habe, dafs die einzelnen Theile der Materie in den festen Körpern gegen einander verschiebbar sind; dafs sie eine andere Lage annehmen können, ohne dafs der Körper flüssig wird.

IX. *Von einigen durch Drücken und Spalten der Krystalle hervorgebrachten elektrischen Erscheinungen; von Hrn. Becquerel.*

(Gelesen in der K. Akad. der Wiss. zu Paris am 6. Aug. 1827. Ann. de chim. et de phys. XXXVI. p. 265.)

Vor einigen Jahren hatte ich die Ehre in der Akademie eine Abhandlung über die Entwickelung von Elektricität durch Druck vorzulesen *). Diese Erregungsart, die weit einfacher ist, als die Reibung, wird begreiflich durch den hygrometrischen Zustand und die Temperatur der Körper, durch die Stärke des Drucks und die Geschwindigkeit der Trennung abgeändert. Vermöge der erhaltenen Resultate konnte ich selbst den durch Druck hervorgebrachten elektrischen Erscheinungen diejenigen anreihen, welche man beim Spalten des Glimmers und Gypses erhält, und eine Beziehung aufstellen zwischen der Intensität der Elektricität und dem zugehörigen Druck. Kein Versuch war damals über die Gesetze der Elektricitätserregung durch Reibung oder Druck gemacht, indem die Physiker sich bisher nur mit der Entdeckung der Mittel beschäftigten, das elektrische Princip in Bewegung zu setzen, und die das Phänomen abändernden Umstände festzustellen, ohne dafs sie suchten, die Wirkungen zu messen.

Untersuchungen der Art erforderten einen Apparat, mittelst dessen ich die Intensität der durch den Druck erregten Elektricität messen konnte, und der zugleich erlaubte, die zu dieser Erregung beitragenden Ursachen nach Belieben abzuändern. Eine gehörig eingerichtete elektrische Wage erfüllte diesen Zweck. Da aber die zu messenden Kräfte oft sehr schwach waren, so mufste ich zur Drehung einen nach Wollaston's Methode aus-

*) Einen kurzen Bericht von dieser Untersuchung findet man in dies. Ann. Bd. 73. S. 117. *P.*

gezogenen Platindraht anwenden. Mit diesem Instrumente versehen, fand ich, dafs bei den die Elektricität nur wenig leitenden Körpern, wenn man sie mit gehöriger Geschwindigkeit trennte, die Intensität der entwickelten Elektricität dem Drucke proportional war, d. h. dafs beim zweifachen Drucke die Intensität ebenfalls doppelt war. Diefs Gesetz nimmt ohne Zweifel bei höherem Drucke ab, in dem Maafse, als die Theilchen an Zusammendrückbarkeit verlieren, oder die Berührungsflächen zu sehr angegriffen werden, um vergleichbare Resultate zu geben. Dadurch, dafs ich verschiedene Mineralien dem Drucke eines und desselben Körpers unterwarf, bestimmte ich das Verhältnifs ihrer elektrischen Fähigkeiten. Auf diese Art beobachtete ich, dafs das elektrische Vermögen beim blättrigen Gypse dreimal schwächer ist, als beim Kalkspath. Beide Körper, wohlverstanden, waren von gleicher Temperatur und in gleichem hygrometrischen Zustande, und ihre Flächen hatten den Glanz, den ihnen das Spalten ertheilt.

Bei der Arbeit, welche ich mir über die elektrischen Erscheinungen des Drucks vorgenommen, habe ich durchaus nicht beabsichtigt zu untersuchen, ob sie durch eine andere Ursache, als die, welche beim Reiben Elektricität erregt, entstanden seyen. Mein Zweck war, zu sehen, wie der Druck, den man als ein Element der Reibung betrachten kann, auf diese Entwickelung einwirke. Da nämlich die Reibung in der That aus einer ununterbrochenen Reihe von Drucken besteht, so mufs die Intensität der durch sie erregten Elektricität gleich seyn der Summe von den durch diese einander folgenden Drucke entwickelten Elektricitätsmengen, weniger denjenigen, welche sich während der ungemein geringen Dauer eines jeden Drucks zur Bildung von natürlicher Elektricität wieder vereinigen. Die Reibung ist also eine zusammengesetztere Erscheinung, als der Druck, bei welchem jeder Körper eine dem Drucke proportionale Elektricitätsmenge mit sich

nimmt. Nach dieser Auseinandersetzung sieht man, wie wichtig das Studium der durch Druck bewirkten elektrischen Erscheinungen ist.

Ich habe gezeigt, dafs, wenn zwei Körper einem gewissen Drucke unterworfen werden, und man diesen, ohne die Berührung zu stören, auf die Hälfte verringert die Wirkung des fortgenommenen Drucks, je nach dem Grade der Leitungsfähigkeit beider Körper, noch eine Zeitlang anhält, so dafs, wenn man mit der Zusammendrückung aufhört, jeder dieser Körper mehr Elektricität mit sich führt, als dem übrig gebliebenen Drucke entspricht. Diese Thatsache habe ich mit Genauigkeit ermittelt. Statt nun die Körper nach der Verringerung des Druckes zu trennen, setze ich sie wiederum dem früheren, fortgenommenen Drucke aus, und wiederhole diefs Verfahren zu mehreren Malen. Ein Versuch, worin ich z. B. mit einer Korkscheibe und einem Kalkspathkrystall so verfuhr, gab Folgendes. Die beiden Körper wurden unter einen Druck von 4 Kilogrammen gebracht, dann wurde der Druck auf die Hälfte verringert, und eine Minute darauf trennte man die Körper. Die Intensität der von den Korkscheiben erlangten Elektricität liefs sich durch 170 darstellen, während sie, wenn die Trennung sogleich nach dem Drucke von 4 Kilogrammen bewerkstelligt worden wäre, 250 betragen hätte. Die Wirkung des fortgenommenen Drucks bestand also zum Theil noch fort, denn ohne denselben würde man $2\frac{5}{2}0$ oder 125 gehabt haben. Statt nun die Körper zu trennen, füge ich den Druck von 2 Kilogrammen, der fortgenommen war, wieder hinzu, und wiederhole diese abwechselnde Verminderung und Vermehrung des Drucks zu mehreren Malen. Zuletzt findet man, dafs die Korkscheibe nur die Intensität besitzt, welche dem stärkeren Drucke entspricht.

Es geht hieraus also die wichtige Thatsache hervor, dafs wenn man zwei Körper, von denen einer ein schlechter Elektricitätsleiter ist, gegen einander prefst, und man

den Druck, bei Aufrechthaltung derselben Berührung, gewisse Male abwechselnd vermehrt und vermindert, jeder der beiden Körper bei Aufhebung des Drucks immer nur diejenige Elektricitätsmenge, die dem stärksten Drucke entspricht, mit sich nimmt, obgleich geringe Reibungen zwischen den Theilchen statt gefunden haben. Seine Wirkung ist also, bei jedem Körper die Menge von Elektricität zu ergänzen, die er vermöge dieser letzten Wirkung haben mufs.

Von der beim Spalten regelmäfsig krystallisirter Körper erregten Elektricität.

Viele Thatsachen zeigen, dafs wenn zwei Körper in Folge einer gegenseitigen Anziehung ihrer Flächen zusammenhaften, und einer von ihnen kein guter Elektricitätsleiter ist, sie beide, im Momente, wann sie getrennt werden, einen Ueberschufs von entgegengesetzter Elektricität annehmen. Glas, Schellack u. s. w., in Quecksilber getaucht, üben z. B. eine gewisse Adhäsion zu demselben aus. Zieht man sie heraus, so findet man, dafs sie einen Ueberschufs von Elektricität angenommen haben, deren Art, wie es Hr. Dessaignes sorgfältig beschrieben hat, von besonderen Umständen abhängig ist.

Schellack, geschmolzen und auf Glas ausgegossen, haftet bekanntlich daran vermöge einer Adhäsion, und wenn man es trennt, nehmen beide Körper einen Ueberschufs von entgegengesetzter Elektricität an.

Es ist höchst wahrscheinlich, dafs Glas, Schellack und andere Körper, die in Wasser getaucht sind, beim Herausziehen elektrisirt seyn würden, wenn nicht Wassertheilchen an ihrer Oberfläche haften blieben, d. h. wenn nicht die Anziehung des Wassers zu diesen Körpern gröfser wäre, als die unter seinen eigenen Theilchen.

Eben so bekommt man bei den elektrischen Versuchen mit Druck eine desto beträchtlichere Elektricitätsentwickelung, je gröfser die Adhärenz zwischen den

gepreſsten Körpern ist. Zwei Korkscheiben z. B., die zusammengedrückt gewesen sind, zeigen beim Abheben zuweilen einigen Zusammenhalt; und dann ist die Elektricitätserregung beträchtlicher, als wenn keine Adhärenz statt gefunden hat.

Vor allem bemerkt man solche Erscheinungen, wenn man Kork oder Hollundermark gegen eine vollkommen polirte Fläche eines Diamanten drückt. Einige Physiker haben diese Erscheinungen der Reibung zugeschrieben, welche die Theilchen im Momente des Trennens der Körper erleiden; allein diese Erklärung scheint keinen Grund zu haben, denn der vorhergehende Versuch beweist offenbar, daſs die partiellen Reibungen, welche die Theilchen beim Vermindern des Drucks erfahren, keinen Einfluſs auf die Abänderung der Elektricitätsentwickelung ausüben. Die Elasticität ist mithin die Hauptursache der Erscheinungen.

Die elektrischen Erscheinungen beim Druck und die beim Spalten haben groſse Aehnlichkeit mit einander; denn wenn man die Blättchen des Glimmers oder Gypses plötzlich trennt, so nimmt jedes derselben einen Ueberschuſs von entgegengesetzter Elektricität mit sich. Legt man sie wiederum auf einander in derselben Lage, in der sie vor ihrer Trennung befindlich waren, und drückt sie schwach zusammen, so erhält man, wenn man sie trennt, abermals dieselben elektrischen Erscheinungen. Man sieht also, daſs der Druck, welcher mechanisch eine Annäherung der Theilchen bewirkt, dieselben Erscheinungen hervorruft, als die Cohäsionskraft, welche bloſs eine innigere Berührung derselben Theilchen bedingt. Diese Erscheinungen finden nicht in's Unbestimmte statt; denn wenn die frisch gespaltenen Blättchen der Luft ausgesetzt werden, verlieren sie ziemlich bald ihre elektrische Eigenschaft, vielleicht wegen des hygrometrischen Wassers, welches sie absorbiren.

Alle regelmäſsig krystallisirten Substanzen besitzen

dieselbe Eigenschaft, wie der Glimmer und der Gyps. Ich habe mich davon beim Kalkspath, Schwerspath, Flufsspath, Topas u. s. w. überzeugt. Wesentlich ist es jedoch dazu, dafs der Krystall rein gespalten sey; denn, wenn er gerissen oder gebrochen wird, zeigt sich keine elektrische Wirkung. Man begreift in der That, dafs, wenn die Spaltung nicht sauber ist, einige Blättchen die eine Elektricität, und andere die entgegengesetzte Elektricität annehmen; die Summe aller dieser Elektricitäten kann dann vielleicht Null seyn, und diefs beobachtet man auch am häufigsten.

Der Topas zeigt nur in einer Richtung einen Blätterdurchgang, nämlich senkrecht auf der Axe des Krystalls, nach welcher die Vertheilung der Elektricität geschieht, wenn man die Temperatur dieses Minerals um einige Grade erhöht. Die natürlichste Annahme, welche sich aufdringt, ist die, dafs sich die Blättchen im Momente ihrer Trennung in zwei verschiedenen elektrischen Zuständen befinden, so dafs sie als Elemente einer Säule betrachtet werden können. Indefs verhalten sich die Sachen anders. Denn es müfsten die in Bezug auf einen der Scheitel des Krystalls ähnlich liegenden Blättchen stets dieselbe Elektricität durch die Spaltung annehmen, allein diefs geschieht nicht; man erhält bald die eine, bald die andere Elektricität. Die Art der Elektricität hängt also bei der Spaltung von besonderen Umständen ab, und nicht von der Lage der Blättchen. Im Momente der Trennung findet also eine Erschütterung der Theilchen statt, welche jede der Flächen bestimmt, die eine oder die andere Elektricität anzunehmen.

X. *Ob das Tellur metallisch in concentrirter Schwefelsäure gelöst enthalten seyn könne; vom Prof. N. W. Fischer in Breslau.*

Mit Magnus Ansicht *) über die Wirkung der concentrirten Schwefelsäure auf Selen, Schwefel und Tellur, kann ich mich nicht befreunden, vielmehr finde ich mich veranlafst, die bisherige, nach welcher diese Stoffe auf Kosten der Schwefelsäure eine Oxydation erleiden, zu vertheidigen. Was zuvörderst die Gründe betrifft, welche Magnus gegen die bisherige Annahme einer Oxydation anführt, so beziehen sie sich fast einzig und allein auf das Verhalten des Tellurs, und lassen sich leicht beseitigen, wenn man annimmt, dafs das Tellur eine niedrigere Oxydation, als zur Bildung einer Basis nöthig ist, erleidet. Auch ist die Annahme wohl nicht seltsam zu nennen, dafs durch das Vermischen mit Wasser die gebildete Auflösung wieder in Tellur und Schwefelsäure zersetzt werde, indem durch den Zusatz von Wasser und die bedeutende Anziehung der Schwefelsäure zu demselben die Verwandtschaftsverhältnisse, durch welche vorher das Tellur auf Kosten der Schwefelsäure oxydirt worden ist, dergestalt umgeändert werden können, dafs nunmehr die unvollkommene Schwefelsäure auf Kosten des oxydirten Tellurs wiederum zu vollkommener Säure umgeschaffen wird. Aber, was spricht, könnte mir Magnus entgegensetzen, denn eigentlich für die Oxydation dieser drei Stoffe bei ihrem Auflösen in Schwefelsäure? Folgende drei Umstände:

Erstens, dafs sich das Tellur, wie das Selen und der Schwefel, mit einer specifisch verschiedenen, ihm eigenthümlichen Farbe in der farblosen Schwefelsäure auflöst. Freilich kann die Farbe an und für sich we-

*) Dies. Ann. Bd. 86. S. 491.

weder die Identität, noch die Verschiedenheit eines Körpers darthun, indem wir in der That sehr viele verschiedene Körper von einer und derselben Farbe, und umgekehrt auch einige einzelne kennen, die nach ihrem verschiedenen Aggregatszustand auch eine verschiedene Farbe besitzen, wie Selen, Schwefelantimon, chromsaures Silberoxyd u. s. w. Wenn aber ein *eigenthümlich gefärbter* Stoff bei der Auflösung in einer *farblosen* Flüssigkeit eine so sehr verschiedene Farbe annimmt, wie das bei der Auflösung jener drei Stoffe in Schwefelsäure der Fall ist, so sind wir wohl berechtigt, hier eine wesentliche chemische Veränderung anzunehmen; und dafs hier nach der Natur dieser Körper eine Oxydation derselben auf Kosten der Schwefelsäure das wahrscheinlichste ist, versteht sich von selbst.

Der zweite Umstand, der für die Oxydation spricht, ist: dafs dieselbe doch unbezweifelt, wie auch Magnus angiebt, beim Erwärmen statt findet. Nach einer schon längst gemachten Beobachtung aber findet bei *jeder* Säure, welche bei *erhöhter* Temperatur auf Metalle einwirkt, diese Wirkung, obgleich, wie natürlich, in geringerem Grade auch bei der *gewöhnlichen* Temperatur statt.

Um jedoch nicht bei blofsen theoretischen Erörterungen stehen zu bleiben, suchte ich die Erscheinungen, welche bei der Auflösung des Tellurs in Schwefelsäure statt finden, näher zu erforschen, und da ergab es sich, erstens, dafs nicht blofs, wie Magnus angiebt, beim Zutritt der Luft durch Anziehung von Feuchtigkeit schweflige Säure entwickelt wird, sondern, dafs diefs auch beim Auflösen des Tellurs in concentrirter Schwefelsäure in sorgfältig verschlossenen Gefäfsen statt findet. Und zweitens, dafs beim Vermischen der rothen Auflösung mit Wasser ein grofser Theil des Tellurs zwar als ein schwarzbraunes, sehr lockeres Pulver abgeschieden wird, ein Theil aber als *Oxyd gelöst bleibt*. Höchst wahrscheinlich findet etwas Aehnliches beim Selen statt, so dafs auch hier ein

Theil als selenige Säure aufgelöst bleiben möchte. Die Wirkung des Wassers wäre demnach hier analog der bei vielen andern Prozessen, dafs nämlich aus dem niedrigen Oxyde in der concentrirten Schwefelsäure in sofern ein höheres gebildet wird, als ein Theil desselben sich reducirt.

XI. *Ueber den Datolith von Andreasberg.*

(Auszug aus den Götting. gelehrten Anzeigen. 1828. No. 9. S. 81.)

Seit seiner Entdeckung bei Arendal in Norwegen, hat man den Datolith nur in Tyrol und an wenig anderen Orten angetroffen. Vor einiger Zeit ist er jedoch auch am Harze, in der Gegend von Andreasberg, aufgefunden, und diefs hat die HH. Hofr. Stromeyer und Hausmann zu einer gemeinschaftlichen Untersuchung dieses Fossiles veranlafst, von der das Folgende einen kurzen Auszug darstellt.

Der Datolith kommt im Wäschgrunde bei Andreasberg, am Fufse des Mathias-Schmidt-Berges, gangförmig im Grünstein vor, der in dem Thonschiefergebirge der Andreasberger Gegend eine mächtige Einlagerung bildet. Begleitet ist er von Quarz, und zuweilen von einem, noch näher zu bestimmenden krystallinischen, feldspathartigen Fossile. Es verdient hiebei beachtet zu werden, dafs in dem, mehrere merkwürdige Mineralkörper beherbergenden Grünstein des Harzes, an verschiedenen Stellen Axinit vorkommt, der durch seinen, wenn gleich nur geringen Boraxsäure-Gehalt, in einem gewissen Verwandtschaftsverhältnisse zum Datolithe steht.

Der Andreasberger Datolith findet sich sowohl derb, in seinen ausgezeichneten krystallinisch-körnigen Absonderungsformen — auf welche sich der für ihn gewählte Name bezieht — als auch in schönen Krystallen, von denen einige beinahe die Gröfse von einem halben Zoll

erreichen, die aber gemeiniglich so unter einander verwachsen sind, dafs die Krystallisationen selten vollständig sich darstellen. Die Krystallform kommt, nach der von Hrn. Hofr. Hausmann gegebenen Beschreibung, mit der des Datoliths von Theifs in Tyrol überein *). Die Krystalle, welche meist platte und glänzende Flächen haben, sind gemeiniglich durchscheinend, einzelne von ihnen jedoch halbdurchsichtig bis in's Durchsichtige. Die weifse Farbe hat am häufigsten einen Strich in's Grüne, seltener in's Rothe. In den übrigen Kennzeichen stimmt der Andreasberger Datolith mit dem Arendaler überein.

Das specifische Gewicht dieses Datoliths ist nach Hrn. Hofr. Stromeyer's Wägungen gröfser, als es die früheren Angaben bezeichneten. Es fand sich in einem Versuche bei $+14°,5$ C. und $0^m7492=3,3463$, und in einem andern, bei $12°$ C. und $0^m,7472=3,3422$. Indefs ergab sich auch bei einem sehr reinen Arendaler Datolith das spec. Gewicht, ebenfalls nach zwei Wägungen, zu 3,3532 und 3,3550, also im Mittel zu 3,3541, bei $15°$ C. und $0^m,7634$.

Das Verhalten vor dem Löthrohr ist das bekannte. Dabei wurde bemerkt, dafs der Datolith, für sich, der äufsersten Spitze der Löthrohrflamme eine schwach grüne Farbe ertheilt, wogegen vor der Marcetschen Lampe die Flamme lebhaft und schön grün gefärbt wird, was noch ausgezeichneter beim Boracite geschieht.

Beim Glühen giebt er völlig reines, von Boraxsäure freies Wasser aus, verliert es aber erst bei starker Rothglühhitze. Die Menge desselben betrug auf 100 Datolith in drei Versuchen: 5,776, 5,734 und 5,627, also im Mittel 5,712. Durch diesen Wasserverlust wird der Dato-

*) Nach den Messungen, die Prof. G. Rose an Exemplaren vorgenommen, welche Hr. Oberbergrath von Ribbentrop dem Prof. Mitscherlich überbracht hat, zeigt der Andreasberger Datolith ganz die in Mohs Charakteristik, Bd. 2. Taf. V. Fig. 69. abgebildete Krystallform. *P.*

lith opak, und, wenn das Feuer sehr stark gewesen, erleidet er auf der Oberfläche eine anfangende Verglasung, wodurch er ein emailleartiges Ansehen erhält.

Zur Bestimmung der übrigen Bestandtheile, die, vorläufigen Versuchen zufolge, nur in Kalk, Boraxsäure und Kieselerde bestehen, sind zwei Analysen angestellt. Bei dem einen wurde das Fossil mittelst Salpetersäure und bei dem andern mittelst Salzsäure aufgeschlossen. Das fernere Verfahren war folgendes. Nachdem zuvor die Kieselerde auf die bekannte Weise abgeschieden war, wurde die Flüssigkeit mit ätzendem Ammoniak möglichst neutralisirt, bis zum Sieden erhitzt, und dann der Kalk durch kohlensaures Ammoniak gefällt. Das Fehlende wurde als Boraxsäure in Rechnung genommen, da eine directe Bestimmung, durch Abdampfen der Flüssigkeit zur Trockne und Erhitzen des Rückstandes, wegen theilweiser Verflüchtigung dieser Säure, kein zuverlässiges Resultat lieferte. Hiedurch ergab sich nachstehende Zusammensetzung:

	I.	II.
Kalk	35,445	35,887
Kieselerde	37,556	37,157
Boraxsäure	18,847	19,690.

Also mit Einschlufs des Wassers in Hundert:

Kalk	35,67
Kieselerde	37,36
Boraxsäure	21,26
Wasser	5,71.

Diefs Fossil scheint mithin, wie Hr. Hofr. Stromeyer bemerkt, eine hydratische Verbindung von dreifachkieselsaurem Kalk mit doppeltboraxsaurem Kalk zu seyn.

XII. *Bemerkungen in Bezug auf die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten.*

(Aus einem Schreiben des Hrn. Prof. Oersted an den Herausgeber.)

Kopenhagen d. 29. Jan. 1828.

— Die HH. Colladon und Sturm verwerfen das früher von mir angegebene Verfahren, das Wasser in der engen Röhre der Compressionsflasche mit Quecksilber zu sperren. Ich bin hierin mit ihnen einverstanden, und habe schon vor mehr als einem Jahre der Gesellschaft der Wissenschaften hieselbst und vielen Liebhabern der Physik einen Apparat gezeigt, worin die enge Röhre der Flasche mit Luft gesperrt ist. Auch habe ich an der Compressionsflasche eine andere Verbesserung angebracht, die noch von Keinem versucht zu seyn scheint. Die enge Röhre ist nämlich nicht an die Flasche angeschmolzen, sondern in ihrem Halse eingeschliffen. Durch diese Einrichtung, welche in dem Gebrauche grofse Bequemlichkeit mit sich führt, ist es mir möglich auch Glasstücke in die Flasche zu bringen, und so über die durch Druck bewirkte cubische Zusammenziehung des Glases directe Versuche anzustellen. Zwar haben diese Versuche mich noch zu keinem ganz befriedigenden Resultate geführt, es sind aber dabei merkwürdige Phänomene vorgekommen, über die ich noch einige Versuche anzustellen habe. Sehr klein ist die Zusammenziehung auf jeden Fall, und ich habe starke Gründe zu vermuthen, dafs dieselbe eher geringer als gröfser seyn werde, als 3,3 Milliontel, wie sie von Colladon und Sturm gefunden ist. Ich brauche übrigens für die Berechnung meiner Versuche nicht direct die cubische, sondern nur die lineare Zusammenziehung des Glases, habe aber die lineare aus der cubischen berechnen gewollt, da ich glaube, dafs ein Zug die Glasstäbe etwas dünner, ein Druck dagegen dieselben etwas dicker macht, und also der erstere weder eine reine Längenausdehnung, noch der letzte eine reine Längenzusammenziehung zeigt.

Ueber den Einfluſs der Temperatur auf die Zusammendrückbarkeit habe ich auch viele Versuche gemacht, und gefunden, daſs auch Canton darin Recht gehabt hat, daſs das Wasser beim Gefrierpunkt zusammendrückbarer ist, als bei höheren Temperaturen. Bei 0° R. ist die Zusammendrückbarkeit des Wassers ungefähr um ein Zehntel gröſser als bei 10°. Bei höheren Temperaturen ist sie noch geringer, aber nicht in so starkem Verhältnisse.

Sie wissen, daſs Perkins Bestimmungen über die Zusammendrückbarkeit des Wassers sehr von Canton's, durch mich bestätigten und neuerdings durch Colladon und Sturm noch weiter befestigten Angaben abweichen. Diese Nichtübereinstimmung liegt gewiſs in keinem Beobachtungsfehler dieses ausgezeichneten und geistreichen Mechanikers, sondern nur darin, daſs seine Maschine dem Wasser einen bedeutenden Stoſs mittheilt, und mithin stärker wirkt; aber die anderen Methoden, besonders die meinige, nur einen so langsamen Stoſs mittheilt, daſs dieser als ein bloſser Druck betrachtet werden kann; wozu noch kommt, daſs die Beobachtung bei ruhender Wassersäule geschieht, dagegen Perkins bei seiner Maschine nur beobachten kann, was im Moment des gröſsten Drukkes oder Stoſses geschehen ist.

Ich habe meinem Apparate noch mehrere Verbesserungen gegeben, die seinen Gebrauch ausnehmend erleichtern; ich kann aber, ohne die Gränzen eines Briefes zu überschreiten, davon keine Rechenschaft geben. —

XIII. *Ueber die Reduction des Arseniks aus Schwefelarsenik bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen.*

Da das von Berzelius angewandte Verfahren, mittelst des Löthrohrs kleine Mengen von Arsenik aus seiner Verbindung mit Sauerstoff oder Schwefel zu reduciren, den Lesern im Bd. 82. S. 71. und Bd. 83. S. 243. mitgetheilt worden ist, so werden folgende, nachträgliche

Bemerkungen dieses Chemikers in Bezug auf die letztere Reduction hier nicht am unrechten Orte stehen.

Bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen, sagt derselbe in der neuen Auflage seines Löthrohrbuches, ist es oft von der gröfsten Wichtigkeit, aus Schwefelarsenik das Arsenik metallisch herstellen zu können. Zuweilen glückt diefs ganz vortrefflich, wenn man das Schwefelarsenik auf den Boden einer am Ende ausgezogenen und daselbst verschlossenen Glasröhre bringt (wie sie in Bd. 82. S. 72. abgebildet ist, jedoch braucht der ausgezogene Theil nur halb so lang, wie dort zu seyn. *P.*), vorne ein Stahldraht hineinsteckt, und über diesen, nachdem man ihn zum starken Glühen gebracht, das Schwefelarsenik langsam in Dampfgestalt hinwegleitet. Das Arsenik wird dabei reducirt, und setzt sich vorne in Dampfgestalt ab. Allein diefs mifsglückt auch oft, so dafs, wenn man nur kleine Quantitäten besitzt, sich nicht darauf verlassen kann. Dagegen schlägt die folgende Reductionsmethode niemals fehl. Man bringe das Schwefelarsenik in eine offene Glasröhre, welche die Dicke einer Schreibfeder und 4 bis 5 Zoll Länge besitzt, und röste es nun auf die Weise, dafs man das Rohr schief hält, und diefs oberhalb der Probe erhitzt, wodurch der Dampf über die heifseste Stelle hinweggehen und verbrennen mufs. Die Röstung mufs so langsam betrieben werden, dafs nichts unverbrannt fortgehe. Die arsenichte Säure schiefst an, und wird nach einer Stelle hingetrieben. Man zieht die Röhre daneben aus, jagt die arsenige Säure in den ausgezogenen Theil, und reducirt sie daselbst mittelst Kohle.

In Bezug auf die, in dies. Ann. Bd. 82. S. 72. beschriebene Reductionsmethode der arsenichten Säure mittelst Kohle, verdient übrigens noch bemerkt zu werden, dafs es, nach den späteren Erfahrungen von Berzelius vortheilhafter ist, einen einzigen langen Splitter von Kohle in den verengerten Theil der Röhre zu schieben, als Kohlenpulver daselbst hineinzuschütten, da letzteres wegen der darin eingeschlossenen Luft fast immer beim Erhitzen zerstreut wird. Mit einem Kohlensplitter dagegen gelingt die Reduction immer ganz vorzüglich.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin.

ANNALEN
DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1828, ZWEITES STÜCK.

I. *Ueber die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten; von den Herren Colladon und Sturm aus Genf.*

(Schlufs).

II. Wärmeentwicklung beim Zusammendrücken der Flüssigkeiten.

Die bei der Zusammendrückung der Körper auftretenden Wärmeerscheinungen haben seit einigen Jahren die Aufmerksamkeit mehrerer Mathematiker und Physiker auf sich gezogen. Die Kenntnifs dieser Erscheinungen schliefst sich an die wichtigsten Fragen in der Physik, und kann vielleicht zu höchst interessanten Folgerungen über die Natur der Wärme selbst und über die zwischen ihr und den verschiedenen Körpern stattfindenden Beziehungen führen.

Für die Mathematiker haben diese Untersuchungen eine neue Wichtigkeit erlangt, seitdem Laplace gelehrt, wie man sie auf die Theorie des Schalles anzuwenden habe, indem er gezeigt, dafs man die mathematische Formel für die Geschwindigkeit des Schalls mit den Resultaten der Erfahrung in Uebereinstimmung bringt, wenn man die bei der Zusammendrückung der Luft entwickelte Wärme in Rechnung zieht.

Die Erscheinungen der Wärmeentwicklung bei der Zusammendrückung von Gasen sind uns gegenwärtig fast

gänzlich bekannt, Dank sey es den Arbeiten des Herrn Gay-Lussac, der HH. Clément und Désormes, und den neueren Untersuchungen der HH. de Larive und Marcet.

Den HH. Berthollet und Pictet verdankt man Beobachtungen über die Temperaturerhöhung, welche beim Prägen der Münzen durch die Zusammendrückung der Metalle entsteht. Rumford und Morosi haben Untersuchungen über die beim Reiben der Metalle erregte Wärme angestellt; allein wegen ungemeiner Schwierigkeit dieser Gattung von Versuchen ist es nicht sehr wahrscheinlich, dafs man bei ihnen zu recht genauen Resultaten gelange.

Was die Wärmeentwicklung betrifft, welche die Zusammendrückung der Flüssigkeiten zu begleiten scheint, so ist sie noch nicht auf directem Wege untersucht. Die einzigen Versuche, welche bisher über diesen Gegenstand gemacht worden, sind die von Hrn. Dessaignes, und die, welche Hr. Oersted in seiner Abhandlung über die Zusammendrückbarkeit des Wassers beschrieben hat.

Ersterer sagt in einer Notiz im *Bulletin de la Société philomatique*, dafs es ihm gelungen sey, aus mehreren Flüssigkeiten, als er sie stark und rasch zusammendrückte, Licht zu entwickeln. Hr. Oersted dagegen sagt, er habe vergeblich versucht, durch eine Zusammendrückung von sechs Atmosphären Wärme zu entwikkeln. Nach seinem Versuche war es auch zweifelhaft, ob es gelingen werde, die bei der Zusammendrückung von Flüssigkeiten entwickelte Wärme mit Genauigkeit zu messen. Um hoffen zu können, dafs die Wärmeentwicklung sichtbar werde, mufste man einen Apparat anwenden, der noch sehr geringe Grade von Wärme erkennen liefs, und zugleich beträchtlichen Drucken und Stöfsen zu widerstehen vermochte. Der von uns angewandte scheint uns beide Bedingungen zugleich zu erfüllen. Er besteht (Taf. II. Fig. 5.) aus einem Glas-

ballon *bb*, der ungefähr $\frac{3}{4}$ Liter fafst, und in den Wänden 25 — 35 Millimeter dick ist, so dafs er rasche Zusammendrückungen von vielen Atmosphären ertragen kann. In der Mitte dieser Kugel ist die Spirale *t* eines Breguet'schen Thermometers aufgehängt. Ein kleiner Gradbogen darunter dient zur Messung der Abweichungen der Nadel. Diefs Thermometer befindet sich also in eine hinlängliche Masse der Flüssigkeit eingetaucht, und es ist unmöglich, dafs diese sich in ihrer Temperatur verändern könne, ohne dafs man nicht auch in demselben Augenblicke davon unterrichtet werde.

Der Widerstand der Flüssigkeit macht das Beobachten dieses Thermometers hier weit leichter, als in Gasen, wo sein Stand wegen des Schwankens der Nadel sehr schwer zu beobachten ist. Nachdem der Ballon mit einem durch Sieden luftleer gemachten Wasser gefüllt worden, schrauben wir ihn an eine Compressionspumpe, die in einem Schraubenstock gut befestigt war. Um zunächst die Wirkung einer langsamen Zusammendrückung auf die Temperatur der Flüssigkeit zu erfahren, bedienten wir uns eines, an dem Cylinder der Pumpe befestigten Rades mit Schraube ohne Ende. Als wir das Wasser im Ballon bis zu 36 Atmosphären zusammengedrückt hatten, beobachteten wir eine Ablenkung der Nadel am Thermometer, aber in einem entgegengesetzten Sinne, als dem von einer Temperaturerhöhung bewirkten. Diese Ablenkung betrug für 12 Atmosphären ungefähr einen Grad der thermometrischen Theilung. Sie läfst sich sehr gut aus der ungleichen Zusammendrückbarkeit der beiden Metalle, aus welchen das Thermometer bestand, erklären. Da wir indefs keine genaue Messungen über die Zusammendrückbarkeit des Platins besitzen, so können wir nicht entscheiden, ob die Ablenkung genau so grofs war, wie sie nach der Verschiedenheit in der Zusammendrückbarkeit dieses Metalles und des Silbers seyn mufste, oder ob sie durch einen sehr

kleinen Temperaturanwuchs etwas geringer geworden. Wenn man indefs erwägt, dafs bei den meisten Metallen ein Druck-Unterschied von wenigstens 15 Atmosphären noch keine Zusammenziehung bewirkt, die der durch eine Temperaturerniedrigung von nur einem Grad hervorgebrachten gleich kommt; so kann man mit Sicherheit schliefsen, dafs eine langsame Zusammendrückung von 36 Atmosphären die Temperatur noch nicht um einen einzigen Grad verändert. Da wir dachten, dafs die Schnelligkeit der Zusammendrückung einigen Einflufs haben könnte, so nahmen wir die Schraube ohne Ende des Rades fort, und bewerkstelligten die Zusammendrückung mittelst eines Hebels *ll*. So konnten wir in wenigstens einer Viertelsekunde einen Druck von 30 Atmosphären hervorbringen. Die Ablenkungen der Nadel waren an Gröfse und Richtung genau denen bei einer langsamen Zusammendrückung gleich. Da indefs diese Zusammendrückung noch nicht als augenblicklich betrachtet werden konnte, so wiederholten wir die Versuche in der Art, dafs wir den Stempel durch Hammerschläge hineinstiefsen. Aufser den geringen Schwankungen, welche die Nadel des Thermometers durch den Stofs erlitt, beobachteten wir noch constant eine negative Ablenkung, obgleich die Schläge des Hammers so stark waren, dafs am Ende der Kolbenstange viel Metall umgebogen wurde.

Bei Wiederholung dieser Versuche mit Alkohol, erhielten wir ähnliche Resultate. Nur schien uns die Ablenkung geringer zu seyn, und selbst die Schläge des Hammers bewirkten anscheinend eine geringe positive Ablenkung des Thermometers.

Der Schwefeläther war die passendste Flüssigkeit, um die Wärmeentwicklung sichtbar zu machen, da seine Zusammendrückbarkeit dreimal so grofs als die des Wassers ist. Deshalb nahmen wir, statt des Alkohols, Aether von 64 Graden.

Langsame Zusammendrückungen von 30 und 36 At-

mosphären hatten fast keinen Einfluſs auf das Thermometer; die Nadel schien fast still zu stehen, und die Zusammenziehung der Spirale war fast unmerklich. Dieſs beweist, daſs die entwickelte Wärme ungefähr 1 oder 2 Grade betrug. Als wir indeſs die Zusammendrückung durch Schläge eines Hammers bewerkstelligten, zeigte die Nadel beständig eine Temperaturerhöhung von 4 bis 6 Graden des Bréguet'schen Thermometers an.

Wir hatten diese Temperaturerhöhung schon bei früheren Versuchen bemerkt, bei welchen ein Druck von 40 Atmosphären schleunig hervorgebracht wurde; der Apparat war dabei derselbe, aber die Compressionspumpe war durch einen mit comprimirter Luft gefüllten Recipienten *r* (Taf. II. Fig. 6.) ersetzt, der mit einem, mit dem Innern des Ballons in Verbindung stehenden Manometer versehen war. Die Resultate, welche wir hiebei erhielten, wichen von denen, welche die Schläge mit dem Hammer lieferten, nicht sehr ab. Das genannte Verfahren hat den Vortheil, einen völlig bestimmten und während des Versuchs sich gleich bleibenden Druck zu bewirken; da es indeſs schwer hält, die Luft so stark zu comprimiren, und die Kraft, welche zum Oeffnen des Hahnes erforderlich ist, die Nadel fast eben so stark erschüttert, als die Schläge mit dem Hammer, so haben wir vorzugsweise die Compressionspumpe angewandt. Nimmt man bei diesen Versuchen, statt der Breguet'schen Thermometer, kleine sehr empfindliche Quecksilberthermometer, welche oben offen sind, so beobachtet man fast beständig, daſs die Quecksilbersäule steigt, was anscheinend eine merkliche Temperaturzunahme bewiese. Wir haben indeſs bemerkt, daſs dieses Steigen davon herrührt, daſs die Kugel inwendig und auswendig einen ungleichen Druck erfährt, indem der äuſsere Druck durch die Reibung der Quecksilbersäule in dem Haarröhrchen gehindert wird, sich augenblicklich dem Quecksilber in der Kugel mitzutheilen.

Durch diese Versuche scheint uns erwiesen: 1) dafs die Temperatur des Wassers sich durch eine plötzliche Zusammendrückung von 40 Atmosphären nicht merklich erhöht; 2) dafs eine, in etwas mehr als einer Viertelsekunde, bis auf 36 und 40 Atmosphären steigende Zusammendrückung den Alkohol und Aether nicht um einen Centesimalgrad in ihrer Temperatur erhöht; dafs aber eine noch raschere Zusammendrückung, wie die, welche man mit dem Schlage eines Hammers hervorbringt, aus dem Schwefeläther so viel Wärme entwickelt, um dessen Temperatur um ungefähr 4 bis 5 Centesimalgrade zu erhöhen.

Am Schlusse dieser Abhandlung werden wir noch einen ferneren Beweis geben, dafs sich bei der raschen Zusammendrückung des Wassers wenig Wärme entwikkelt, nämlich dadurch, dafs wir die beobachtete Geschwindigkeit des Schalls in Wasser mit der vergleichen, welche die Laplace'sche Formel ohne Berücksichtigung einer Temperaturerhöhung liefert. Dieser Vergleich giebt eine ausgezeichnete Bestätigung von den in diesem Artikel enthaltenen Versuchen.

Es ist ohne Zweifel schwierig, diese positiven Resultate mit den Versuchen des Hrn. Dessaignes theoretisch zu vereinbaren; nichts berechtigt uns aber zu der Behauptung, dafs das Licht, welches dieser Physiker bei sehr mächtigen Zusammendrückungen in Flüssigkeiten beobachtet haben will, auf eine grofse Temperaturerhöhung deute. Man mufs diese Erscheinung mit der Lichterscheinung zusammenstellen, welche beim Zusammendrücken einiger starren Körper auftritt, z. B. des Quarzes, der, wenn man ihn im Dunklen stöfst, leuchtend erscheint, ohne dafs sich, selbst bei mehrmaliger Wiederholung des Stofses, ihre Temperatur merklich erhöht.

III. Untersuchungen über den Einflufs der Zusammendrückung auf das Leitvermögen für Elektricität.

Zu diesen Untersuchungen nahmen wir Glasröhren, die ungefähr 3 Decimeter lang und an beiden Enden ver-

schlossen waren (Taf. II. Fig. 7.). Um den elektrischen Strom hineinzuleiten, waren an die Enden mit der Lampe Platindräthe angelöthet, die zum Innern führten. Die Zusammendrückung theilte sich der in dieser Röhre enthaltenen Flüssigkeit durch eine zweite Röhre *t* mit, welche an die Mitte der ersten senkrecht gegen deren Länge angeschmolzen war, so dafs die Figur eines T gebildet wurde; durch diese zweite Röhre wurde der Apparat mit der Flüssigkeit gefüllt. Dann brachte man eine Compressionspumpe daran, die mit einem Manometer *mm* versehen war.

Mittelst dieses Apparats kann die Flüssigkeit, welche den elektrischen Strom hindurch läfst, comprimirt werden, ohne dafs eine andere Ursache, als die Compression, auf das Leitvermögen einwirken kann. Um einen Strom zu haben, dessen Intensität während der nöthigen Dauer eines Versuchs meist constant war, brauchten wir einen Trogapparat, der mit reinem oder schwach gesalzenem Wasser geladen war; das eine Ende stand in Verbindung mit einem Galvanometer von 2 Nadeln *g*, dessen Draht einen Theil der Kette ausmachte. Man regulirte zunächst den Apparat auf die Art, dafs wenn man die Kette mit der in die Röhre gebrachten Flüssigkeit schlofs, die Ablenkung des Galvanometers wenigstens 15 Grad schwächer war, als bei Schliefsung der Kette mit Quecksilber. Man war also gewifs, dafs diese Verringerung von 15 Graden von dem unvollkommenen Leitvermögen der zu dem Versuche genommenen Flüssigkeit herrührte, und dafs sie hinlänglich war, um sehr kleine Unterschiede in dem Leitvermögen wahrnehmen zu können. Wir bedienten uns nämlich eines Galvanometers, dessen obere Nadel einen sehr feinen Glasfaden trug, und damit auf einem Kreis von drei Zoll Halbmesser noch leicht die Viertel eines Grades angab.

Nachdem unsere Apparate mit destillirtem Wasser gefüllt worden waren, leiteten wir einen elektrischen Strom durch dasselbe, welcher die Nadel um 22 Grad ablenkte.

Als wir diese Wassersäule fortnahmen und sie durch Quecksilber ersetzten, stieg die Ablenkung auf 76°. Der Unterschied in der Ablenkung, der in diesem Falle von dem geringeren Leitvermögen des Wassers herrührt betrug also 54°.

Folgende Tafel zeigt die Ablenkungen, welche bei Zusammendrückungen von 5, 10, 20 und 30 Atmosphären beobachtet wurden.

	Atmosphären.	Grade der Ablenkung.
Reines Wasser	1	$22\frac{3}{4}$
	5	$22\frac{3}{4}$
	10	$22\frac{1}{4}$
	20	23
	30	23

Man sieht aus dieser Tafel, dafs die, vermöge der Zusammendrückung des Wassers erfolgte Näherung seiner Theilchen, keinen recht merklichen Einflufs auf das Leitvermögen desselben hat. Der Unterschied von einem Viertelgrade in der Ablenkung ist zu klein, als dafs man aus ihn mit Sicherheit auf eine Aenderung im Leitvermögen schliefsen könnte. Diefs Resultat verdient um so mehr Beachtung, als diese 30 Atmosphären eine Zusammenziehung bewirken, welche der durch eine Temperaturerniedrigung von 3 Graden hervorgebrachten gleich ist, und eine solche Wärmeverringerung das Leitvermögen des Wassers merklich verändert.

Ein ähnlicher Versuch, mit einer concentrirten Auflösung von Ammoniak angestellt, gab dasselbe Resultat, d. h. die Ablenkung des Galvanometers war beinahe gleich, die Flüssigkeit mochte beim Hindurchgehen des elektrischen Stromes zusammengedrückt seyn oder nicht.

Als wir den Strom durch eine lange, in einem Haarröhrchen enthaltene Säule Quecksilber gehen liefsen, konnten wir gleichfalls keine Veränderung im Leitvermögen hervorbringen. Nicht so der Fall war es mit der Salpe-

tersäure. Als wir sie zusammendrückten, fanden wir, dafs die Ablenkung der Nadel um eine merkliche Gröfse abnahm, wie es die folgenden, aus drei Versuchen abgeleiteten Resultate zeigen.

	Atmosphären.	Grade der Ablenkung.
Salpetersäure	1	47
	5	47
	10	$46\frac{3}{4}$
	20	46
	30	$44\frac{3}{4}$

Als die Säule von Salpetersäure fortgenommen und durch einen Tropfen Quecksilber ersetzt wurde, stieg die Ablenkung auf 63°. Der Unterschied von 16° rührte folglich von dem unvollkommenen Leitvermögen der Salpetersäure her. Dafs das Leitvermögen dieser Säure unter einem starken Drucke abnimmt, scheint uns nicht von einem Widerstande herzurühren, den etwa die gröfsere Nähe der Theilchen dem Durchgange der Elektricität entgegensetzt, weil bei stärker zusammendrückbaren Flüssigkeiten, wie z. B. bei reinem und bei dem mit Ammoniak gesättigtem Wasser, diese Näherung keinen Einflufs auf das Leitvermögen hat. Vielmehr scheint uns diese Erscheinung einer andern Ursache zugeschrieben werden zu müssen, nämlich der Veränderung, welche die Erhöhung des Drucks in der Verwandtschaft der Elemente der Flüssigkeit hervorbringt.

Man kann nämlich mehrere Erscheinungen bei der Leitung der Elektricität in Flüssigkeiten, z. B. die geringe Intensität eines Stromes, der durch reines Wasser geht, und die beträchtliche Zunahme dieser Intensität durch Zusatz einer sehr geringen Menge von einer Säure, einer Base oder einem löslichen Salze, nicht anders erklären, als wenn man mit mehreren berühmten Chemikern und Physikern annimmt, dafs dieser Durchgang des Stromes vermöge einer Reihe von folgeweisen Zusammensetzungen

und Zersetzungen geschieht. Zwar wird in allen den Fällen eine Portion der Elektricität von der Flüssigkeit ohne irgend eine chemische Action hindurchgelassen: wie man denn im Quecksilber keine mögliche Zusammensetzung und Zersetzung annehmen kann, und auch reines Wasser die Elektricität von hoher Spannung ohne Trennung seiner Elemente fortleitet; aber bei nicht metallischen Flüssigkeiten und bei einer schwachen Spannung der Elektricität, die den Strom erzeugt, geht der gröfste Theil der Elektricität, vermöge einer Fortführung der elektro-positiven und elektro-negativen Molekel, durch die Flüssigkeit. Die Leichtigkeit der Zersetzung mufs also einen sehr mächtigen Einflufs auf die Intensität des Stromes haben, und diese Intensität wird abnehmen, wenn eine neue Ursache sich der Trennung der Elemente widersetzt. Es scheint uns, dafs von dieser Ursache die Abnahme herrühre, welche wir bei der Ablenkung des Galvanometers beobachteten, als die Salpetersäure unter einem starken Drucke die Elektricität leiten mufste. In der That ist es durch die Versuche des Hrn. Hall und durch mehrere andere seit der Zeit angestellte Versuche erwiesen, dafs ein starker Druck die Zersetzung einer grofsen Zahl von Substanzen, besonders solcher, die gasförmige Elemente enthalten, verringert oder verhindert. Es ist also möglich, dafs die Zusammendrückung die sonst so rasche Zersetzung der Salpetersäure durch den Strom der Säule verzögert hat, und daraus die Abnahme in der Intensität des Stromes hervorgegangen ist. Wenn diefs bei der zusammengedrückten Salpetersäure die wahre Ursache der Abnahme des Leitvermögens ist, so ist es auch wahrscheinlich, dafs dieselbe Erscheinung beim destillirten und dem mit Ammoniak geschwängerten Wasser statt finde; wegen des geringen Leitvermögens beider, kann aber der Unterschied nicht gemessen werden.

Aus den in diesem Artikel erwähnten Hauptthatsachen glauben wir schliefsen zu dürfen, dafs ein Druck

von 30 Atmosphären das elektrische Leitvermögen des Quecksilbers, einer gesättigten Ammoniaklösung und des destillirten Wassers nicht merklich ändert; dafs aber derselbe das Leitvermögen der Salpetersäure verringert, und diefs dadurch erklärt werden kann, dafs der Druck die Zersetzung der Säure hemmt.

IV. Geschwindigkeit des Schalls in Flüssigkeiten.

Man weifs seit langer Zeit, dafs sich der Schall durch starre und flüssige Körper, wie durch die Luft und luftförmige Flüssigkeiten fortpflanzt. Die Kenntnifs über den Grad der Zusammendrückbarkeit des Wassers oder jeder andern Flüssigkeit giebt die Mittel zur Bestimmung der Geschwindigkeit, mit welcher sich der Schall in diesen Körpern fortpflanzt. Die HH. Young und Laplace haben auf diese wichtige Anwendung hingewiesen. Sie haben die Formel gegeben, mittelst welcher man, wenn der Grad der Zusammenziehung der Flüssigkeit für einen gegebenen Anwuchs im Druck bekannt ist, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls in einer unbegränzten Masse dieser Flüssigkeit berechnen kann. Man kann auch nach derselben Formel die Geschwindigkeit des Schalls in starren Körpern berechnen, sobald man die Zusammenziehung kennt, die ihr Volumen unter einen gegebenen Druck erleidet. Hr. Poisson hat diese Aufgabe in einer gelehrten Abhandlung behandelt, welche in den *Mémoires de l'Institut pour* 1819, *pag.* 396—400. enthalten ist. Man findet daselbst einen ausführlichen Beweis der Formel, um die es hier sich handelt.

Da die Theorie so vollständig ist, wie sie es nur seyn kann, so bleibt nichts mehr übrig, als sie mit der Erfahrung zu vergleichen, entweder um die eine durch die andere zu bestätigen, oder auch um die etwa zwischen ihnen vorhandene Verschiedenheit aufzufinden. Wir haben demnach eine Reihe von Versuchen über die Geschwindigkeit des Schalls in Wasser, der einzigen solche

Versuche gestattenden Flüssigkeit, unternommen, in der Absicht, die beobachtete Geschwindigkeit mit der theoretischen Formel, durch welche dieselbe dargestellt werden soll, zu vergleichen.

Weiterhin wird man die Art unserer Versuche und unsere Resultate ausführlich beschrieben finden. Vor dieser Auseinandersetzung scheint es uns jedoch zweckmäfsig, die Hauptpunkte der Theorie des Schalls kürzlich durchzugehen und besonders die Formel, welche zur Berechnung seiner Geschwindigkeit in starren und flüssigen Substanzen dient.

Newton hat bekanntlich zuerst die Gesetze der Fortpflanzung des Schalls in der Atmosphäre untersucht. Er denkt sich eine unendliche Linie von Lufttheilchen, und nimmt an, dafs ein Stück von geringer Länge dieser Luft-Linie ursprünglich erschüttert werde. Er zeigt, dafs diese Erschütterung sich nach und nach allen Schichten der Luftsäule mittheilt, auf gleiche Art, wie man in einer Reihe elastischer Billardkugeln die Bewegung fortschreiten sieht, und er bestimmt die Zeit, welche die den Schall hervorbringende Erschütterung gebraucht, um zu einem beliebigen Abstande von seinem Entstehungsorte zu gelangen. Er findet, dafs die Fortpflanzung des Schalles gleichförmig ist, und, dafs diese Fortpflanzungsgeschwindigkeit oder der in einer Sexagesimalsekunde vom Schall durchlaufene Raum, horizontal vorausgesetzt, zum Werthe hat: die Quadratwurzel aus dem Doppelten des Productes der Höhe, welche ein Körper vermöge der Schwere in der ersten Sekunde hindurchfällt, in die Höhe einer Luftsäule, welche der Quecksilbersäule im Barometer das Gleichgewicht hält, und überall dieselbe Dichte, wie an der Grundfläche der Säule besitzt.

Lagrange, Euler, Laplace und Poisson haben hierauf denselben Ausdruck für die Geschwindigkeit des Schalls aus den analytischen Gleichungen mit partiellen Differentialien hergeleitet, welche die Bewegung

der Luft, sowohl in einer cylindrischen Säule von unendlicher Länge, als auch in einer unbegränzten Masse, darstellen. Als sie ihre Untersuchungen auf den Fall ausdehnten, wo die Bewegung der Luft nach zwei oder drei Dimensionen geschieht, fanden sie, dafs, obgleich die Intensität des Schalls mit der Entfernung abnimmt, dennoch die Geschwindigkeit desselben die nämliche ist, wie in dem Fall, wo diese Bewegung nur nach einer einzigen Dimension geschieht. Es folgt aus dieser Theorie, dafs jede Vibration eines Lufttheilchens eine Schallwelle von Kugelgestalt und sehr geringer Dicke in der Luft hervorbringt, die aus allen den in einem gegebenen Augenblick in Bewegung begriffenen Lufttheilchen besteht, und sich bis in's Unendliche vom Erschütterungsmittelpunkt entfernt. Der Strahl dieser Welle wächst proportional mit der verflossenen Zeit, und sein constanter Anwuchs während der Zeiteinheit mifst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls.

Es gab indefs eine merkliche Abweichung zwischen der aus dieser Theorie hergeleiteten und der aus den Versuchen hervorgegangenen Geschwindigkeit des Schalls. Die Physiker, die in grofser Anzahl diese Geschwindigkeit gemessen haben, finden sie übereinstimmend gröfser, als die berechnete Geschwindigkeit, und zwar um so viel, dafs der Unterschied bis auf ein Sechstel des beobachteten Werthes steigt.

Es würde unnütz seyn, alle Hypothesen anzuführen, welche man zur Vereinbarung dieses Punktes der Rechnung mit der Beobachtung aufgestellt hat.

Man verdankt Hrn. Laplace die wahre Erklärung dieser Abweichung. Sie mufs dem Zuwachse in der Elasticität der Lufttheilchen zugeschrieben werden, welcher durch die Wärmeentwicklung bei der Zusammendrückung dieser Theilchen erzeugt wird. Bei Berücksichtigung dieser Wärmeentwicklung bestimmt man die Wärmemenge, welche bei der Erzeugung des Schalles frei gemacht und

zur Vermehrung der Elasticität der Luft verwandt wird. Hr. Poisson hat gezeigt, dafs wenn die Zusammendrükkung oder Ausdehnung $\frac{1}{116}$ beträgt, die Temperatur um einen Centesimalgrad steigen oder sinken mufs. Endlich ist Laplace zu einem Lehrsatz gelangt, der hinsichtlich der Richtigkeit seiner Erklärung nichts zu wünschen übrig läfst. Er hat gezeigt, dafs die Geschwindigkeit des Schalls gleich ist dem durch die Newton'sche Formel gegebenen Werth, multiplicirt durch die Quadratwurzel aus dem Verhältnifs der specifischen Wärme der Luft unter constantem Druck zu der specifischen Wärme derselben bei constantem Volumen. Diefs Verhältnifs ist eine Zahl, die gröfser ist als Eins. Um es zu bestimmen, hat Laplace von den Untersuchungen der HH. Gay-Lussac und Welter Gebrauch gemacht. Die so abgeänderte Formel Newton's stimmt nahe mit der wirklichen, durch Beobachtung gefundenen Geschwindigkeit überein.

Die Berechnung der Geschwindigkeit des Schalls und die Gesetze seiner Fortpflanzung in flüssigen und starren Körpern sind fast dieselben wie bei der Luft. Zu unserem Zweck ist es hinreichend, die Formel beizubringen, welche die Geschwindigkeit des Schalls in einer Flüssigkeit darstellt. Um die Anwendung derselben zu erleichtern, geben wir sie hier in algebraischer Form, wie sie Hr. Poisson in seiner Abhandlung gegeben hat.

Es sey D die Dichte einer Flüssigkeit, k die Länge einer cylindrischen Säule dieser Flüssigkeit unter einem bekannten Druck, ε die kleine Verkürzung dieser Säule für einen gegebenen Anwuchs im Drucke P. Wenn man die Geschwindigkeit des Schalls in dieser Flüssigkeit durch a bezeichnet, wird sie durch folgende Formel gegeben:

$$a=\sqrt{\frac{Pk}{D\varepsilon}}$$

Gesetzt nun, man nehme für P einen Druck gleich dem Gewichte von 76 Centimet. Quecksilber, so hat man:

$$P=(0^{m},76)g.m.$$

worin m die Dichte des Quecksilbers und g die beschleunigende Kraft der Schwere oder die doppelte Fallhöhe der Körper in der ersten Sekunde bezeichnet. Nimmt man die Sekunde zur Einheit der Zeit, so ist:

$$g = 9^{m},8088$$

Bei flüssigen und starren Körpern erfordert die Prüfung dieser Formel sehr genaue Versuche. Die Erde bietet zu Versuchen dieser Art keine Massen von hinlänglicher Continuität und Homogenität dar, so dafs es unwahrscheinlich ist, ob es je gelingen werde, die Berechnungen über die Geschwindigkeit des Schalls in starren Körpern durch Versuche im Grofsen zu bestätigen. Zwar haben die Versuche des Hrn. Biot über die Fortpflanzung des Schalls in gufseisernen Röhren gelehrt, dafs die Geschwindigkeit hier weit gröfser ist, als in der Luft; da aber der Schall in weniger als einer halben Sekunde zu ihm gelangte *), so konnten diese Versuche nur ein sehr ungewisses, zur Bestätigung der Formel nicht brauchbares Resultat geben. Das Wasser scheint uns der einzige Körper, in welchem solche Versuche mit Genauigkeit zu machen sind. Dafs das Wasser den Schall auf grofsen Entfernungen fortpflanzt ist schon bekannt. Franklin versichert, dafs man das Geräusch von zwei an einander geschlagenen Kieselsteinen noch weiter als eine halbe Meile unter Wasser hören könne; es scheint aber nicht, dafs er darauf gefallen sey, die Geschwindigkeit zu messen.

Den einzigen Versuch, den man bisher über die Geschwindigkeit des Schalls in einem flüssigen Körper angestellt hat, verdankt man Hrn. Beudant, und ist von diesem vor einigen Jahren im Meere nahe bei Marseille angestellt worden. Folgendes ist das Detail dieses Versuches, wie es uns dieser Gelehrte gütigst mitgetheilt hat. Die beiden Beobachter befanden sich in einen bekannten Abstand von einander und waren mit regulirten Uhren

*) Genauer 0″,26 (Biot Traité II. p. 30.) P.

versehen. Zu dem festgesetzten Augenblicke gab derjenige, welcher den Schall zu erregen hatte, ein Zeichen mit einem Tuche, und schlug zugleich an eine in dem Wasser befindliche Glocke. Der Beobachter an der andern Station hatte einen Begleiter bei sich, der dicht bei dem Kahne schwamm, und ein Zeichen gab, wenn er den Schall hörte. Dadurch ergab sich der Weg, welchen der Schall zur Durchlaufung des Weges zwischen beiden Stationen gebrauchte. Diese Messung war aber nicht ganz genau, weil die unter Wasser befindliche Person nicht in demselben Augenblick, in welchem sie den Schall hörte, das Zeichen geben konnte. Hr. Beudant schlofs aus seinen Versuchen, dafs die Geschwindigkeit des Schalls im Meerwasser 1500 Meter für eine Sekunde betragen müsse; ein Resultat, welches er aber nur als ein Mittel ansieht, da verschiedene Versuche unmerkliche Abweichungen gaben.

Wahrscheinlich weicht dieses Mittel nicht sehr von der wirklichen Geschwindigkeit ab, auch scheint es ziemlich mit der Theorie übereinzustimmen. Um aber den Vergleich mit Sicherheit anstellen zu können, mufs man nothwendig eine vollkommen genaue Messung haben, und überdiefs die Dichte und Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeit in aller Strenge bestimmen, bei derselben Temperatur, bei welcher der Versuch gemacht worden ist. Wir haben daher geglaubt, diese Messungen mit Sorgfalt und im Grofsen wieder vornehmen zu müssen, und das Wasser eines Landsee's für pafslich gehalten, um unmittelbar die Geschwindigkeit des reinen Wassers zu bekommen.

Einer von uns, Herr Colladon, hat deshalb zu Ende des Jahres 1826 in dem Genfer-See eine Reihe von Versuchen bei grofsen Abständen gemacht, und dadurch die, früher noch nie gemessene, Geschwindigkeit des Schalls in reinem Wasser bestimmt.

Die anfänglichen Versuche bezweckten nur die Auffin-

findung des sichersten und bequemsten Mittels zur Hervorbringung eines Schalls, der auf grofse Entfernungen deutlich zu hören sey. Zunächst liefs ich verschiedene Knallpulverarten unter Wasser verpuffen, oder schlug an verschiedene metallene Körper, als Schellen, Amboſse oder Glocken. Diefs letzte Mittel ergab sich als das beste, nicht blofs in Betreff der Leichtigkeit und Augenblicklichkeit, sondern auch hinsichtlich der Intensität des Schalls. Die Glocke, deren ich mich zu diesem Versuche bediente, hatte ungefähr 7 Decimeter Höhe und einen etwas geringeren Durchmesser. Sie hing an einem Balken aufserhalb des Kahnes, ungefähr einen Meter unter der Oberfläche des Wassers (Taf. II. Fig. 8.). An demselben Balken war ein Winkelheber *mm* befestigt, dessen oberer Arm im Kahne war, während der untere sich im Wasser befand, und dort zum Schlagen an die Glocke diente. Hiedurch konnte ich, ungeachtet des Widerstandes der Flüssigkeit, der Glocke einen starken Schlag ertheilen.

Alle diese Versuche wurden in der Nacht gemacht, nicht blofs um durch kein fremdartiges Geräusch gestört zu seyn, sondern hauptsächlich um die Signale, welche sowohl durch Raketen als durch Abbrennen von Schiefspulver gegeben wurden, genau beobachten zu können. Ich suchte anfangs den Schall dadurch zu hören, dafs ich den Kopf in Wasser tauchte, allein diefs Verfahren war unbequem und nicht sehr genau; ich fand darauf ein anderes, sicher und leicht anzuwendendes Mittel, welches zugleich erlaubte, die Stärke des Schalls nach Belieben zu erhöhen. Diefs Verfahren gründet sich auf folgende Betrachtungen.

Wenn man einen in ruhigem Wasser und ein wenig unter (*au dessus*) dessen Oberfläche befindlichen Körper zum Tönen bringt, so wird eine Person, die über dem Wasser und in geringer Entfernung befindlich ist, den von diesem Körper im Wasser hervorgebrachten Schall sehr deutlich hören. Wenn sie aber längs der

Oberfläche des Wassers fortgeht, so wird sie bemerken, dafs die Intensität des Schalles sehr rasch abnimmt, und bei einem Abstande von 200 bis 300 Metern wird sie aufserhalb des Wassers durchaus keinen Schall mehr hören, selbst wenn das Ohr sehr nahe an die Oberfläche des Wassers gebracht ist. Wenn indefs die Person bei dieser oder bei einer noch weit gröfseren Entfernung den Kopf in das Wasser taucht, so hört sie sogleich den Schall vollkommen deutlich.

Es scheint also, dafs die Schallstrahlen, welche die Oberfläche des Wassers unter einem sehr spitzen Winkel treffen, nicht in die Luft übergehen, sondern eine Art von Reflexion in das Innere der Flüssigkeit erleiden. Ich dachte nun, dafs wenn man eine Platte senkrecht in das Wasser tauchte, die Undulation sich durch diese Scheibe fortpflanzen müfste, und dafs folglich, wenn sich hinter der Platte Luft befände, auch in diese der Schall übergehen und dadurch in der umgebenden Luft hörbar seyn würde.

Um diese Vermuthung zu prüfen, nahm ich eine cylindrische Röhre von dünnem Blech, die drei Meter lang und ungefähr zwei Decimeter dick war. Ich liefs das eine Ende verschliefsen, und tauchte sie mit diesem in das Wasser. An diesem Ende war ein starker Ring befestigt, und es wurde daran das nöthige Gewicht gehängt, damit die Röhre senkrecht im Wasser schwimmen konnte, so dafs das obere, offene Ende, an welches man das Ohr legte, nur ungefähr 5 bis 6 Decimeter über die Oberfläche des Wassers hervorragte *).

Bei dem ersten Versuche war ich ungefähr 2000 Meter von der Glocke entfernt. Als ich das Zeichen zum Schlagen gegeben hatte, hörte ich in der Röhre sogleich

*) Es ist zu bemerken, dafs man mit einem unten offenen Höhrrohre durchaus nichts vernimmt. Man hört erst, wenn man den Kopf völlig untertaucht und das Ohr mit Wasser füllt, oder, wenn man, wie ich, ein mit Luft gefülltes Rohr anwendet.

den Schall eines jeden Schlages vollkommen deutlich, und dieser Schall war so stark, dafs man denselben noch hören konnte, wenn man das Ohr 5 bis 6 Decimeter hoch über der Mündung der Röhre hielt.

Mittelst dieser Vorrichtung wurde der Versuch sehr leicht und einer ungemeinen Genauigkeit fähig. Denn ich brauchte keinen Gehülfen mehr, der mir die Ankunft des Schalles anzeigte; ich selbst konnte zugleich das Signal sehen und den Glockenschlag hören, und dadurch beugte ich einer Fehlerquelle vor, die nur schwer in Rechnung zu bringen war. Endlich hatte ich es in meiner Gewalt, den Schall durch Vergröfserung der Oberfläche des Rohrs zu verstärken. Ich gab diesem (Taf. II. Fig. 9.) daher eine Länge von 5 Metern, und unten eine Erweiterung, deren Mündung senkrecht stand und durch eine, ungefähr 20 Quadratdecimeter haltende Metallplatte verschlossen war. Das obere Ende des Rohrs hatte die Gestalt eines Kegels, der gegen die Axe schief stand, damit man das Ohr anlegen konnte. Man drehte alsdann das Rohr, so dafs die untere Fläche, welche die Erweiterung des Rohres schlofs, der Glocke zugewandt war. Da der obere Querschnitt der Röhre sehr schief gegen die Axe derselben stand, so konnte ich das Ohr daran legen, ohne dadurch im geringsten belästigt zu seyn. Diefs erlaubte mir, die Versuche nach Belieben zu verlängern und zugleich die Dauer zwischen dem Signal des Schlages und dem Augenblicke, worin der Schall zu mir gelangte, in eigner Person zu beobachten.

Der Chronometer, dessen ich mich bediente, hatte einen sehr leichten Drücker, durch den ich ihn bei jeder Viertelsekunde anhalten konnte. Da mir vorläufige, bei Abständen von 5 bis 6000 Metern angestellte Versuche die Möglichkeit gezeigt hatten, einen noch gröfseren Maafsstab zu gebrauchen, so wiederholte ich die Versuche an der Stelle der gröfsten Breite des See's, zwi-

schen den kleinen Städten *Rolle* und *Thonon*, bei einer Entfernung von 14000 Metern *).

Eine günstigere Oertlichkeit konnte ich zu diesen Versuchen nicht finden. Die Tiefe des Wassers zwischen beiden Punkten ist sehr grofs, und der Boden hat zu beiden Seiten einen fast gleichen Fall, auch keine Erhebung dazwischen, welche den Schall unterbrechen könnte. Diefs kann man aus einer Notiz des Hrn. de la Bèche über die Tiefe des Genfer-See's ersehen, worin derselbe einen Durchschnitt des See's von Rolle nach Thonon gegeben hat **). Nach diesem Querschnitt beträgt die mittlere Tiefe des See's zwischen diesen beiden Städten 140 Meter. Man findet überdiefs in diesem Zwischenraum keine Spur von Strömung; das Wasser ist sehr durchsichtig, und seine Tiefe so grofs, dafs die Wellenbewegung es nicht trüben kann. Der Standpunkt der Glocke lag mit dem, wo ich mich zum Hören befand, in einer Linie, welche vom Kirchthurm in Thonon zu einer der Ecken des Schlosses von Rolle führt. Nach einigen Versuchen fand ich, dafs für diese Entfernung die plötzliche Entzündung einer hinreichenden Menge Schiefspulver das zweckmäfsigste und augenblicklichste Signal war. Die Abbrennung von ungefähr einem Viertelpfunde gab einen Blitz, den man sehr leicht an der andern Station bemerken konnte, obgleich die Krümmung der Erde mir die Aussicht auf alle Gegenstände benahm, die weniger als 9 Meter über den Boden erhoben waren. Um es rasch zu entzünden, wurde eine Zündruthe (*lance à feu*) *l* gebraucht (Taf. II. Fig. 8.), welche durch die Bewegung des Hammers in dem Augenblicke, wo dieser an die Glocke schlug, mit dem Pulver *p* in Berührung

*) Diese Entfernung ist ungefähr die Hälfte von der zwischen Montlhery und Montmartre, welche die französischen Akademiker wählten, um die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft zu messen.

**) *Biblioth. univers. T. XII.* Auch dies. Annal. Bd. 66. S. 146.

kam. Hiedurch erschien die Pulverflamme, welche als Signal diente, stets mit dem Glockenschlage zu gleicher Zeit.

Ich befand mich an der andern Station mit dem Gesichte nach den Signalen gewandt und das Ohr an die Mündung der Röhre gelegt. Letztere wurde von einem Gehülfen gehalten, damit ich die Hände zum Halten und Sperren des Chronometers frei hatte. Im Momente, worin ich das Licht erblickte, liefs ich den Drücker los, und in dem, worin ich den Schall hörte, hielt ich ihn wieder an. Der vom Zeiger zurückgelegte Weg gab dann die Zeit an, welche der Schall gebraucht hatte, um zu mir zu gelangen.

Nothwendig verfloſs ein kleiner Zeitraum zwischen dem Momente, worin ich das Licht erblickte, und dem, worin ich den Drücker berührte. Eine ähnliche Verzögerung fand auch bei der Wahrnehmung des Schalles statt; hier aber mufste sie etwas kleiner seyn, und zwar aus folgendem Grunde. Wenn man bei einem bestimmten Signal eine Bewegung machen will, so verfliefst immer eine gewisse Zeit zwischen dem erhaltenen Sinneseindruck und der Handlung, die eine Folge desselben ist, und diese Zeit ist um so länger, je schwieriger die Erscheinung des Signals vorherzusehen ist. Bei meinen Versuchen erforderte Vorbereitung bei dem Pulver und der Zündruthe Zeit und Vorsicht. Die Person, welche den Schlag an die Glocke zu besorgen hatte, gab selten den Schlag in dem festgesetzten Augenblick, und das Licht erschien mir daher fast immer unerwartet, während der Schall, welcher stets eine gleiche Zeit hernach erschien, leicht vorherzusehen war, besonders bei den spätern Versuchen. Es folgt daraus, dafs die am Chronometer beobachtete Zeit der Fortpflanzung des Schalls um eine sehr geringe Gröfse, die sich nicht berechnen liefs, zu klein war, die aber nicht gröfser, als eine Viertelsekunde seyn konnte.

Ich habe an verschiedenen Tagen drei Reihen von

Versuchen gemacht, von denen ich hier die Resultate gebe.

Beobachtete Zeiten in Sekunden.

Am 7. Nov. $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, 9, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$.

Am 15. Nov. $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, 9, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$.

Am 10. Nov. $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, 9, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, 9, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{2}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$, $9\frac{1}{4}$.

Aus dieser Tafel sieht man, dafs die Zeit, welche zwischen der Erscheinung des Lichts und der Ankunft des Schalls verflofs, gröfser als $9''$ und kleiner als $9''\frac{1}{2}$ war. Ihr Mittelwerth beträgt etwas mehr als $9''\frac{1}{4}$. Wenn wir den oben genannten Fehler auf beinahe eine Viertelsekunde berechnen, so können wir $9'',4$ für die Zeit annehmen, welche der Schall wirklich gebrauchte, um von einer Station zur andern zu gelangen.

Vergleichen wir jetzt diese Zeit mit der Entfernung beider Stationen von einander. Die einzige bekannte Messung dieser Entfernung rührt von den HH. Saussure und Pictet her; sie fanden den Abstand des Kirchthurms zu Thonon vom Thurme zu Rolle 7330 Toisen oder 14287 Meter. Da ich mir nicht die Resultate ihrer Triangulation verschaffen konnte, und wünschte, mich von der Genauigkeit dieser Zahl zu überzeugen, so wiederholte ich diese Messung, und nahm dabei den Abstand des St. Peterthurms in Genf von dem Thurm in Langin, am Fufse des Voirons-Berges, zur Basis. Dieser Abstand ist, Behufs einer Triangulation des Genferseethals, zu zwei verschiedenen Malen mit grofser Sorgfalt gemessen worden.

Das erste Dreieck enthielt Genf, Langin und Rolle, das zweite Langin, Rolle und Thonon. Diese directe Messung gab mir 14240 Meter für den Abstand des Schlosses zu Rolle vom Kirchthurm zu Thonon. Jenes liegt unmittelbar am Ufer des See's; der Kirchthurm zu

Thonon dagegen ist 353 Meter vom Ufer entfernt. Diefs giebt 13887 Meter für den Abstand zwischen beiden Ufern.

Zieht man hiervon 400 Meter ab, als die Entfernung, der beiden Böte von den Ufern, so hat man 13487 Meter für die Entfernung beider Stationen. Diese Zahl kann wenigstens bis auf 20 Meter als genau angesehen werden.

Die Zeit, welche der Schall zur Durchlaufung dieses Weges gebrauchte, betrug, wie oben gesagt, sehr nahe $9''{,}4$. Da die Fortpflanzung des Schalles gleichförmig geschieht, so findet man die Geschwindigkeit des Schalles oder den Raum, den er in einer Sekunde durchläuft, dadurch, dafs man den Raum 13487 Meter durch die Zeit $9''{,}4$ dividirt, so findet man 1435 Meter *) für die wirkliche Geschwindigkeit des Schalls in Wasser.

An denselben Tagen, an welchen die Versuche angestellt wurden, nahm ich Temperatur des Wassers an mehreren Orten zwischen beiden Stationen, in einer Tiefe von 3 und 6 Meter, mittelst eines Thermometers, dessen Kugel mit Wachs überzogen war. Ich fand in diesen Tiefen die Temperatur überall gleich; sie betrug $8°{,}2$ C. bei Thonon, $8°{,}1$ in der Mitte des See's und $7°{,}9$ bei Rolle, wonach also der Mittelwerth $8°{,}1$ ist.

Um diese Resultate mit der Berechnung zu vergle-

*) Um den Grad der Genauigkeit dieser Zahl zu beurtheilen, erwäge man, dafs, wenn man für den Abstand beider Standpunkte 13500 Meter, eine, wie ich glaube, zu grofse Zahl, und für die Fortpflanzungszeit des Schalls $9''\frac{1}{4}$, eine zu kleine Zahl, nimmt, man für die Schallgeschwindigkeit den gröfsten Werth, den man annehmen könnte, nämlich 1459 Meter, erhält; aber dieser Werth ist sicher zu grofs. Nähme man dagegen für die Entfernung den kleinsten Werth, nämlich $13486 - 20$ oder 13466 Meter, und für die Zeit ihren gröfsten Werth $9''{,}5$, so würde man den kleinsten möglichen Werth für die Gechwindigkeit erhalten, nämlich 1417 Meter. Man sieht aus der Bestimmung dieser Grenzen, dafs, wenn auch die wahre Geschwindigkeit nicht 1435 Meter beträgt, sie doch wenigstens nicht um 24 Meter gröfser oder kleiner als diese Zahl seyn kann, so dafs der mögliche Fehler bei diesem Versuch sich nicht über $\frac{1}{60}$ des wahren Werthes erheben wird.

chen, war es nöthig, die Zusammendrückbarkeit dieses Wassers bei derselben Temperatur, so wie seine Dichte in Bezug auf die des destillirten Wassers bei 0° mit Genauigkeit zu bestimmen.

Das Wasser des See's kann, in hinlänglicher Entfernung von der Mündung der Rhone, als völlig rein betrachtet werden. Es enthält kaum $\frac{1}{2000}$ seines Gewichts an fremden Substanzen. Hr. Tingry hat Analysen dieses Wassers gegeben, welche man als die besten betrachten kann, da er mit grofsen Quantitäten gearbeitet hat. Er hat sie sowohl im Winter wie im Sommer angestellt. Da unsere Versuche im November gemacht wurden, so geben wir hier blofs das Mittel aus diesen beiden Analysen, welche übrigens nicht sehr von einander abweichen.

Mittel aus beiden Analysen des Genferseewassers, von Hrn. Tingry.

24475 Gramm. dieses Wassers enthielten:

82,896 Centiliter Gas (hauptsächlich Luft, die reicher an Sauerstoff als die gemeine Luft).

1,^{gr}722 kohlens. Kalk.

0,172 kohlens. Talkerde.

0,212 salzs. Talkerde.

0,861 schwefels. Kalk.

0,848 schwefels. Magnesia.

0,040 kieselhaltigen Thon.

0,172 Verlust.

Diefs giebt auf 1 Kilogramm 0^{g},164 fremde, feste Substanzen, d. h. ein wenig mehr als $\frac{1}{6000}$ des gesammten Gewichts.

Die Dichte des Wassers beträgt bei 4° sehr nahe 1,00015, die des destillirten Wassers bei 4° als Einheit genommen. Und da das Volumen des Wassers um 0,00013 zunimmt, wenn es von 4° bis 8° erwärmt wird, so war die Dichte des Wassers, zur Zeit meiner Versuche, nur um einen durchaus zu vernachlässigenden Bruchwerth gröfser als Eins.

Wie klein aber auch die Menge der fremden Stoffe in diesem Wasser seyn mag, so haben wir doch geglaubt; seine Zusammendrückbarkeit, statt sie mit der des destillirten Wassers gleich anzunehmen, direkt bestimmen zu müssen. Zu dem Ende füllten wir das Piezometer mit diesem Wasser, mit eben der Vorsicht, welche wir beim lufthaltigen Wasser befolgten. Die, von 1 bis zu 20 Atmosphären angestellten Versuche, gaben 46,18 Milliontel als mittlere Zusammendrückung für eine Atmosphäre. Fügt man hinzu die körperliche Zusammenziehung des Glases 3,3, so hat man 49,48 oder sehr nahe 49,5 Milliontel für die absolute Zusammenziehung des Genferseewassers bei 8° C., welche Zahl schon für das lufthaltige Wasser bei 0° gefunden worden ist.

Nehmen wir jetzt die oben gegebene Formel für die Geschwindigkeit des Schalls zur Hand, um darin die so eben bestimmten Werthe zu substituiren. Diese Formel ist:

$$a = \sqrt{\frac{Pk}{D\varepsilon}}$$

Erinnert man sich, was die mit D, k, ε und P bezeichneten Gröfsen bedeuten, so hat man für das Wasser des Genfersee's, bei der Temperatur 8°,1

$$D = 1;\ k = 1000\,000;\ \varepsilon = 49{,}5.$$

Nimmt man für P den Druck einer Atmosphäre von $0^m{,}76$ Quecksilber bei der Temperatur 10°, welche diejenige ist, bei welcher unser Manometer bestimmt wurde, und bezeichnet man mit m die Dichte dieses Quecksilbers, so wie mit g die beschleunigende Kraft der Schwere oder die doppelte Fallhöhe der Körper in der ersten Sekunde, so hat man:

$$P = (0^m{,}76)g.m.$$

Der Werth von g ist bekanntlich $= 9^m{,}8088$.

Nach den Versuchen der HH. Dulong und Petit ist die Dichte des Quecksilbers bei 0° gleich 13,568, die des destillirten Wassers bei 3°,9 gleich Eins gesetzt.

Ueberdiefs beträgt die Ausdehnung des Quecksilbers 0,00018 für 1°, also 0,0018 für 10°. Wenn also das Quecksilber von 0° auf 10° erwärmt wird, vermehrt sich sein Volumen von 1 auf 1,0018. Die Dichte des Quecksilbers bei 10° wird also gleich seyn seiner Dichte bei 0° oder 13,568, dividirt durch 1,0018; wodurch man hat $m=\frac{13{,}568}{1{,}0018}=13{,}544$.

Substituirt man in der Formel alle diese Werthe

$$D=1;\ k=1000\,000;\ \varepsilon=49{,}5$$

$$P=(0^{m},76)\,(9{,}8088)\,(13{,}544),$$

so findet nach gemachter Rechnung

$$a=1428 \text{ Meter } [=4396{,}02 \text{ Par. Fufs}]$$

Diefs ist also die Geschwindigkeit des Schalls, theoretisch bestimmt und hergeleitet aus der Dichte und Zusammendrückbarkeit des Wassers, in der Voraussetzung, dafs bei der raschen Zusammendrückung der Theilchen keine Wärme entwickelt werde, die die Temperatur erhöhe. Die Geschwindigkeit des Schalls nach unseren Versuchen dagegen ist, wie schon gesagt, gleich $\frac{13{,}487}{9'',4}$ oder 1435 Meter [=4417,57 Par. Fufs].

Die beobachtete Geschwindigkeit ist also gröfser als die berechnete Geschwindigkeit, aber nur um 8 Meter. Dieser Unterschied ist zu klein, als dafs man ihn einer Wärmeentwicklung zuschreiben könnte. Selbst, wenn er zwei oder dreimal gröfser wäre, fiele er noch innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler. Mithin ist die Uebereinstimmung zwischen der Erfahrung und der Theorie so vollkommen, wie man sie nur erwarten kann.

Bemerkungen über die Natur des Schalls in Wasser.

Ich beschliefse diese Abhandlung mit einigen Bemerkungen, welche mir der Erwähnung werth scheinen.

Die erste betrifft die Dauer des Schalls in Wasser, welche merklich von der Dauer in der Luft abweicht.

Der Ton einer unter Wasser geschlagenen Glocke hat, in einiger Entfernung gehört, keine Aehnlichkeit mit dem einer in der Luft tönenden Glocke. Statt eines anhaltenden Tones hört man unter Wasser nur einen scharfen und kurzen Schall, den ich am liebsten mit dem zweier gegen einander geschlagenen Messerklingen vergleichen möchte. Diese Beschaffenheit behält der Schall auch in sehr grofser Entfernung, nur nimmt er an Intensität ab Das Hören eines so trockenen und kurzen Tones, der aus einer Entfernung von mehreren Meilen herkommt, macht einen ähnlichen Eindruck, wie wenn man zum ersten Male entlegene Gegenstände durch ein Fernrohr sehr deutlich erscheinen sieht. Als ich diesen Versuch bei intermediären Stationen machte, schien mir der Ton, was seine Natur betraf, gleich geblieben zu seyn, so dafs es mir unmöglich war, zu untersuchen, ob er von einem starken Schlag in der Ferne oder von einem schwachen Schlag in der Nähe herrührte. Erst bei einem Abstande von 200 Met. liefs sich das Klingen der Glocke nach dem Schlage unterscheiden. In der Luft beobachten wir fast ganz das Entgegengesetzte. In der Nähe sind die Schläge gegen die Glocke sehr leicht zu erkennen, während man in der Ferne nur ein zusammenhängendes und fast gleichförmiges Gebrumme hört. Der Widerstand, welchen das Wasser den Schwingungen der Glocke leistet, giebt nur eine ungenügende Erklärung dieser Thatsache; denn derselbe Schall ist aufserhalb des Wassers gehört weit anhaltender, und man erkennt sehr wohl den Ton einer Glocke, was unmöglich ist, wenn man den Ton von weitem durch das Wasser hört. Diese Erscheinung erklärt sich durch die Natur der Schallwellen im Wasser. Man weifs nämlich, dafs in der Schwingungsbewegung einer Flüssigkeit, die Dauer der Bewegung eines Theilchens gleich ist dem Radius des Kugelstückes, welches man zu Anfange der Bewegung ursprünglich erschüttert annimmt, dividirt durch die Fortpflanzungs-

geschwindigkeit des Schalls. Die erste dieser beiden Gröfsen ist im Wasser nothwendig kleiner als in der Luft; die zweite dagegen gröfser. Und daraus folgt, dafs die Dauer eines Schalles bei seiner Fortpflanzung im Wasser weit geringer seyn mufs, als bei der in der Luft.

Die zweite Bemerkung bezieht sich darauf, dafs der Schall nicht aus dem Wasser in die Luft übergeht, wenn die Schwingungen, welche sich im Wasser fortpflanzen, die Oberfläche desselben unter einen sehr kleinen Winkel treffen. Wie ich schon bemerkt habe, hört man bis zu einem Abstande von ungefähr 200 Metern den Ton der unter Wasser geschlagenen Glocke sehr leicht in der Luft; aber bei einer gröfseren Entfernung nimmt seine Intensität sehr rasch ab, und bei 4 oder 500 Metern ist es unmöglich, selbst sehr dicht an der Oberfläche des Wassers, das geringste Geräusch zu vernehmen. Taucht man indefs den Kopf nur einige Centimeter tief in Wasser, oder senkt man, wie ich, eine mit Luft gefüllte Röhre in dasselbe, so hört man den Schall eines jeden Schlages stark und deutlich, ja man hört ihn noch in einer 10 bis 20 Mal gröfseren Entfernung. Bei meinen Versuchen war die Glocke 2 Met. tief unter die Oberfläche des Wassers gebracht. Es ist klar, dafs bei einem Abstande von 500 Met. die Schwingungen die Wasserfläche unter einem merklichen, noch durch die Krümmung der Erde vergröfserten Winkel treffen mufsten. Die Schwingungen, welche im Wasser statt finden, theilen sich also nicht der Luft mit, wenn sie die Oberfläche unter einem etwas kleinen Winkel treffen, was der Erscheinung ähnlich ist, die uns das Licht an der gemeinschaftlichen Grenzfläche zweier an Dichte verschiedenen Mittel darbietet.

Die durch die Wasserwellen hervorgebrachte Bewegung ändert weder die Dauer noch die Geschwindigkeit des Schalls, sobald man sich eines Rohres zum Hören bedient. Der letzte von den drei oben genannten Versu-

chen wurde bei einem stürmischen Wetter angestellt. Der Wind, welcher anfangs nur schwach war, nahm in dem Grade zu, dafs wir genöthigt waren, das Boot vor mehrere Anker zu legen. Ungeachtet des Brausens der Wogen, konnte ich deutlich den Schall eines jeden Schlages hören, und, wie man aus jener Tafel ersehen kann, wurde die Dauer seiner Fortpflanzung durchaus nicht geändert.

Zuletzt mache ich noch eine Bemerkung über den Einflufs von Schirmen auf die Intensität des Schalls. Ich hatte zwei Standpunkte gewählt, die nicht sehr entfernt von einander waren, und solche Lage hatten, dafs die zwischen beiden gezogene gerade Linie nahe an dem Ende einer Mauer vorbei ging, die über die Oberfläche des Wassers hervorragte, und liefs nun der Glocke regelmäfsig Schläge von gleicher Stärke ertheilen. Als ich nun wechselsweise zu beiden Seiten der Linie, welche das Ende jener Mauer streifte, mit dem Rohre hörte, schien mir als herrschte ein sehr merklicher Unterschied in der Intensität, je nachdem die Mauer sich zwischen der Glocke und dem Rohre befand oder nicht; die Fortpflanzung des Schalls in Wasser weicht also in dieser Beziehung von dem, was in der Luft vorgeht, ab, und nähert sich der Fortpflanzungsart des Lichts. Dieser die Intensität merklich verringernde Einflufs einer Scheidewand verdient beachtet zu werden, und giebt einen neuen Verknüpfungspunkt zwischen den Erscheinungen bei der Fortpflanzung des Schalls in Flüssigkeiten und denen, welche bei der Fortpflanzung des Lichts beobachtet worden sind.

Nachtrag.

Die so eben mitgetheilte Arbeit der HH. Colladon und Sturm ist mit so vieler Umsicht und Genauigkeit durchgeführt, dafs sie wohl wenig, höchstens noch

die nähere Ausmittelung des Einflusses der Temperatur auf die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten, zu wünschen übrig lassen kann. Es wird daher auch hinreichend seyn, aus einer andern, sichtlich unvollkommneren Untersuchung derselben Art, nur einige Punkte herauszuheben, um wenigstens die Leser historisch mit derselben bekannt zu machen. Diese Arbeit, welche sich gleichfalls um den von der Pariser Akademie der Wissenschaften ausgesetzten Preis beworben, denselben aber nicht erhalten hat, ist von ihrem Verfasser, Hrn. Galy-Cazalat, für sich dem Druck übergeben und auszugsweise im *Bulletin des Sciences Sect.* 1. *T. VIII. p.* 321. mitgetheilt. Aus dieser Quelle entnehme ich die folgenden Data.

Der Verfasser bewerkstelligte, wenigstens bei einigen seiner Versuche, die Zusammendrückung mittelst der Explosion von Schiefspulver. Der dazu angewandte Apparat bestand aus zwei starken gufseisernen Gefäfsen, die durch eine Röhre mit Ventil mit einander verbunden waren. Das gröfsere dieser Gefäfse enthielt: 1) Ein Dampfthermometer, um die etwanige Temperaturerhöhung bei der Zusammendrückung zu messen. 2) Eine mit Luft gefüllte Röhre zur Messung des Drucks, und 3) das, einem offnen Thermometer ähnliche Instrument, vom Verfasser Piezimeter genannt, welches das zum Zusammendrücken bestimmte Wasser enthielt. Um diese Instrumente beobachten zu können, reichten sie mit ihren oberen Theilen in drei starke Glasröhren, die zu diesem Behufe in dem Deckel des eisernen Gefäfses eingekittet waren. Sollte ein Versuch gemacht werden, so wurde das gröfsere Gefäfs, nachdem jene drei Instrumente hineingebracht waren, mit Wasser gefüllt und der Deckel fest aufgeschroben; dann wurde das kleinere Gefäfs ungefähr zur Hälfte mit Wasser gefüllt, ein gewisses Quantum Schiefspulver nebst einer brennenden Lunte hineingebracht, und schnell durch einen aufgeschraubten Stöpsel luftdicht verschlossen. Die bald erfolgende Explosion des Pulvers trieb eine gewisse

Menge Wasser aus dem kleineren Gefäfse in das gröfsere, und übte hier, mittelst des Ventils, einen anhaltenden Druck aus, dessen Wirkungen sich dann an den drei genannten Instrumenten beobachten liefsen. Das Wasser des Pieximeters war übrigens von dem ihm umgebenden im Gefäfse durch einen Tropfen Quecksilber getrennt.

Auf solche Art bestimmte nun der Verfasser die Zusammendrückbarkeit des destillirten, luftfreien Wassers und des Meerwassers, des Alkohols, Schwefeläthers, Leinöls und Olivenöls, der Salpeter- und der Schwefelsäure. Da indefs die Resultate sicher weniger genau, als die von HH. Colladon und Sturm erhaltenen sind, so kann ihre Mittheilung keinen besonderen Nutzen haben *).

Bei der Zusammendrückung aller dieser Flüssigkeiten glaubte Hr. G. eine ziemlich beträchtliche Temperaturerhöhung wahrgenommen zu haben. So z. B. stieg, nach ihm, bei der Zusammendrückung des Wassers, durch einen Druck von $38{,}5\times0^{m},775$ Quecksilber, die Temperatur um 3°; bei der des Alkohols, durch $16\times0^{m},760$ Druck, um $3\frac{1}{2}^{\circ}$; beim Leinöl, durch $80\times0^{m},76$, um 6°; beim Olivenöl, durch $60\times0^{m}76$, um 5°; beim Schwefeläther, durch $44\times0^{m},76$, um 8°; bei der Salpetersäure, durch $60\times0^{m},76$, um 6°, und bei der Schwefelsäure, durch einen Druck von $50\times0^{m},76$, um $5^{\circ},2$.

Was die Wirkung des Drucks auf das Pieximeter betrifft, so meint Hr. G., dafs sie die Capacität desselben *vergröfsere*, indem nämlich die Wände des Gefäfses, durch den Druck auf beiden Seiten, dünner würden, ohne gewissermafsen ihren mittleren Radius zu ändern. Hr. G. *subtrahirt* also die Zusammendrückung des Glases von der

*) Vielleicht könnten die Resultate über das Leinöl und Olivenöl da, wo keine grofse Genauigkeit erforderlich ist, eine Anwendung finden. Wenn P einen Druck von $0^{m},76$ Quecksilber bezeichnet, so ist nach Hrn. G. die Zusammenziehung des Leinöls für $1P=0{,}0000468$, für $6P=0{,}0002806$, für $28P=0{,}0013104$, für $50P=0{,}002304$, für $80P=0{,}003744$, und beim Olivenöl, für $1P=0{,}0000470$, für $28P=0{,}001316$, für $60P=0{,}002820$.

der Flüssigkeit *). Ueberdiefs nimmt er an, dafs die Flüssigkeiten während des Druckes etwas in die Wände des Glasgefäfses eindringen.

Die Correction, die nach Hrn. G. durch den gemeinschaftlichen Einflufs beider Umstände erfordert wird, suchte derselbe, in der Annahme, dafs sie bei gleichem Drucke der Gröfse und Dicke der Wände proportional gehe, dadurch zu ermitteln, dafs er eine und dieselbe Flüssigkeit in zwei Pieximeter comprimirte, deren kugelförmige Behälter von ungleichem Radius waren.

Die Zusammendrückbarkeit des Glases und einiger anderen starren Körper bestimmte Hr. G. auch noch auf einem andern Wege. In einem starken Gefäfs mafs er zunächst die scheinbare Zusammendrückbarkeit des Wassers unter einem festgesetzten Druck. Dann brachte er in dasselbe Gefäfs einen starren Körper, füllte den übrigen Raum mit Wasser, und liefs nun einen gleichen Druck, wie vorhin, auf dasselbe wirken. Der Unterschied zwi-

Die Dichte des Leinöls war 0,994, die des Olivenöls $=0{,}91$, die Temperatur der Luft bei ersterem 15°. Da nach Hrn. G. die Zusammenziehung des destillirten luftfreien Wassers, unter einem Drucke von $0^{m},89$ Quecksilber bei 0^{0}, $=0{,}0000454$ ist; so kann man wenigstens daraus schliefsen, dafs Leinöl und Olivenöl stärker zusammendrückbar sind, als das reine Wasser.

*) Wie die Leser aus der Abhandlung der HH. Colladon und Sturm ersehen haben werden (S. 51. vorigen Heftes), nehmen diese Physiker gerade das Gegentheil an, nämlich, dafs die Capacität eines Gefäfses, welches von allen Seiten einen gleichen Druck erleidet, *kleiner* wird, und dafs folglich bei Versuchen mit Glasgefäfsen die Zusammenziehung des Glases zu der scheinbaren Zusammenziehung der Flüssigkeit *addirt* werden mufs, um die wahre zu erhalten. Mir scheint, man könne die Richtigkeit dieses Schlusses schon aus der Wirkung einer Temperaturerniedrigung ersehen. Die Wirkung eines allseitigen Drucks kann meiner Meinung nach keine andere seyn, als die einer Temperaturerniedrigung, und für diese ist es factisch erwiesen, dafs sie die Capacität der Gefäfse verringert. Hr. G. hat offenbar den Druck in Richtung der Tangenten der Wände vernachlässigt. *P.*

zwischen den in beiden Fällen beobachteten Zusammenziehungen des Wassers ist das, um was die Zusammendrückbarkeit des Wassers die des starren Körpers, bei gleichem ursprünglichen Volumen mit diesem, übertrifft. Da die Zusammendrückbarkeit des Wassers bekannt war, so ergab sich dann leicht auch die des starren Körpers. So fand Hr. G., für den Druck von einer Atmosphäre, die Zusammendrückbarkeit des weifsen Glases (cristal) $=0{,}00000284$, die des Kupfers $=0{,}00000709$, die des Bleies $=0{,}00000018$ *).

Die Gröfse des durch die Pulver-Explosion hervorgebrachten Druckes mafs Hr. G., wie gesagt, durch die Verringerung eines abgesperrten Luftvolumens. Er glaubt indefs gefunden zu haben, dafs das Mariotte'sche Gesetz nicht in aller Strenge gültig sey. Hr. G. comprimirte nämlich eine gewisse Menge trockner Luft nach und nach durch eine 45 Fufs hohe Quecksilbersäule, die in mehreren engen und mit ihren matt geschliffenen Enden durch Kautschuckcylinder verbundenen Röhren aufgestellt wurde, und fand dadurch, dafs wenn der Druck folgweise gleich war 1, 3, 6, 9, 15 und 18 Atmosphären, die Luft respective die Volumina 864, 288,7, 145,5, 97, 73, 58,5 und 49 einnahm. Die Röhre, welche die Luft enthielt, war hierbei von innen und aufsen demselben Drucke ausgesetzt. Hr. G. schliefst hieraus, dafs die trockne Luft weniger zusammendrückbar sey, als sie es nach dem Mariotte'schen Gesetz seyn müsse.

Auch Hr. Depretz (*Bullet. des Scienc. Sect.* 1. *T. VIII. p.* 325.) bestreitet die Richtigkeit des Mariotte'schen Gesetzes. Wie zum Theil auch schon früher (dies. Ann. Bd. 85. S. 605.), behauptet er daselbst, dafs Wasserstoff- und Schwefelwasserstoffgas mehr zu-

*) Eines gleichen Verfahrens hat sich auch späterhin Hr. Professor Oersted bedient (S. 158. vorigen Heftes). *P.*

sammendrückbar als die Luft seyen, das Ammoniakgas mehr als das Schwefelwasserstoffgas, und das schwefligsaure Gas mehr als das Ammoniakgas, ferner, dafs nicht zwei Gase, die demselben Drucke ausgesetzt sind, sich gleichmäfsig zusammenziehen, und dafs der Unterschied sich nicht blofs im Moment der Flüssigwerdung äufsere, wie es die HH. Oersted und Suensson meinen, sondern im ganzen Laufe der Compression.

Als Beispiel giebt er die Zusammendrückbarkeit des trocknen Schwefelwasserstoffgases, verglichen mit der Luft, in folgender Tafel:

Trockne Luft:	$0^m,815$.	Trocknes Schwefelwasserstoffgas:	$0^m,815$
	2,243		2,293
	3,971		4,020
	5,789		6,021
	7,568		8,058
	10,057		11,021*).

Unter dem, von der trocknen Luft angezeigten, Druck von $10^m,057$ wurde noch nichts vom Schwefelwasserstoffgase flüssig.

Hr. Depretz behauptet auch, dafs die Zusammendrückbarkeit bei keiner Flüssigkeit dem Drucke proportional sey, sondern mit steigendem Drucke abnehme, und dafs sie bei allen Gasen gröfser sey als es das Mariottesche Gesetz angiebt. Ueberdiefs bemerkt er, dafs das Breguet'sche Thermometer von ihm zuerst bei diesen Versuchen angewandt sey, und eben so der Luft-Index beim Piezometer.

Da zu Anfange dieses Aufsatzes von den Versuchen des Hrn. Morosi, über die Wärmeentwicklung, durch Reidie Rede ist, und dieselben bis jetzt in den Annalen nicht

*) Wahrscheinlich sollen diese Zahlen den Druck bezeichnen, der stattgefunden haben würde, wenn die Volumensverringerungen des Schwefelwasserstoffgases dem Mariotte'schen Gesetze entsprochen hätten. *P.*

aufgenommen sind, so mag zum Schlufs ein kurzer Auszug aus diesen Versuchen hier noch eine Stelle finden. Die Originalabhandlung des Hrn. Morosi findet sich in den Denkschriften des Mailänder Instituts, T. XIII. p. 137.; da ich aber dieselben nicht zur Hand habe, so nehme ich das Folgendeaus dem Auszuge im *Bullet. universel des Scienc. Sect.* 1. *T. V. p.* 36. Diefs wird um so mehr entschuldigt seyn, als, nach diesem Auszuge zu urtheilen, Hr. Morosi zu keinem allgemeinen Resultate gelangt ist *).

Das Instrument zu diesen Versuchen bestand: 1) aus einem senkreckt stehenden Cylinder von weichem Holze. dessen oberes Ende eine convexe Halbkugel bildete; 2) aus einer Kurbel, deren einmalige Umdrehung den obengenannten Cylinder 60 Mal um seine Axe drehte; 3) aus einem cylindrischen Gefäfse von Holz, dessen Boden aus dem Metalle verfertigt war, welches dem Versuche unterworfen werden sollte. Dieser metallene Boden bildete eine Halbkugel, die gegen den Cylinder convex war, und genau an diesen anschlofs. Hier war es, wo die Reibung geschah. Das Gefäfs ruhte also auf dem Cylinder, und wurde bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllt; ein in diefs Wasser gesenktes Thermometer zeigte die Temperatur desselben an; 4) War oben auf das Gefäfs ein Gewicht gelegt, um den Druck zwischen den sich reibenden Flächen zu vermehren. 5) Wurde mittelst eines Sekundenpendels die Zahl der Umläufe bestimmt, welche die Kurbel innerhalb einer gegebenen Zeit vollbrachte.

Alle Versuche wurden unter denselben Umständen gemacht, bis auf die Aenderungen, die in der folgenden Tafel angezeigt sind. Um so viel wie möglich zu verhindern, dafs das Wasser die durch Reibung des Metalls gegen das Holz erhaltene Wärme verliere, wurde das Gefäfs, welches das Wasser enthielt, mit Flanell um-

*) Die älteren Versuche von Haldat, im *Journ. de physique T. LXV. p.* 213., führen im Grunde schon eben so weit. *P.*

wickelt. Das Wasser erhitzte sich in gleichen auf einander folgenden Zeiträumen fast um gleiche Gröfsen.

Temperatur des Wassers, als der Cylinder sich 30 Mal in einer Sekunde umdrehte, und der Druck 2 (Mailänder) Pfund betrug.

Verflossene Zeit.	Eisen.	Stahl.	Kupfer.	Messing.	Zink.	Zinn.	Blei.	Legirung. a.	Legirung. b.
0′	15½	16	16	15½	16	16	16	15½	16
2	16½	18	17	16¾	19	16½	19	15¼	16½
4	17¼	19	18	17½	20	17¼	20¼	16¼	17¼
6	18	20	19	19¼	21	18	22	17	17¾
8	19	21	19¾	20	22	18¾	23	18	18½
	60 Umläufe in einer Sekunde, Druck =2 Pfund.								
0′	16	16	16	16	16	16	16	16¼	16
2	17½	18	18	17½	20	17	23	17½	17½
4	19	19	19½	20	22	18½	27	18½	18¾
6	20¼	20	21	21¾	23¼	20	31	19½	19
8	21¾	22¼	22½	23¼	24	21½	33	21	20¼
	30 Umläufe in einer Sekunde, Druck =4 Pfund.								
0′	16	16	16	16	16	16	16	15½	16
2	18½	18½	19	19	21	17¼	24	17	18½
4	20¼	21½	21	21½	22½	18¼	27	18½	20½
6	21¾	23	23	23½	24	20	30	19½	21
8	23½	25	24½	24¾	25¾	22½	35	22	22½

Die Legirung *a* bestand aus Zinn, Zink und Wismuth, die Legirung *b* dagegen aus Blei, Zink und Wismuth; in welchen Verhältnissen wurde aber vom Verfasser nicht angegeben. Auch wurde das Gewicht des erwärmten Wassers, und das des Holzes u. s. w. nicht angegeben, so dafs man, wie der französische Epitomator bemerkt, hier nur das Verhältnifs der Temperaturerhöhung zu betrachten hat, (und auch das wohl nicht einmal, da man nicht weifs, ob die verschiedenen Metalle einander an Gewicht oder Volumen gleich waren. — *P.*)

Auch fügt derselbe hinzu, es werde nicht gesagt, ob das Wasser umgerührt worden sey.

II. *Ueber das Licht; von Hrn. Fresnel.*

[Da durch die in das Novemberheft der Annalen eingerückte Preisfrage der Kais. Akademie der Wiss. zu St. Petersburg vielleicht die Aufmerksamkeit auf diese Gegenstände zurück gerufen ist, so nehme ich hier Gelegenheit, das noch Fehlende an der Fresnel'schen Abhandlung in dies. Ann. Bd. 79. S. 89. u. 303. u. Bd. 81. S. 223., mitzutheilen, wie ich es auch dort versprochen habe. *P.*]

Von den Farbenringen.

Die farbigen Ringe, welche sich zeigen, wenn zwei Gläser gegen einander gedrückt werden, und eine der in Berührung stehenden Flächen ein wenig convex ist, lassen sich durch das Princip der Interferenzen auf eine recht einfache Art erklären. Sie entstehen offenbar durch den gegenseitigen Einfluſs zweier Wellensysteme, von denen das eine an der Vorder-, und das andere an der Hinterfläche derjenigen Luftschicht reflectirt wird, welche zwischen die beiden Gläser eingeschlossen ist. Ehe wir indeſs in das Einzelne dieser Erklärung eingehen, ist es nöthig über die Reflexion des Lichts einen Satz aufzustellen, dessen wir hier bedürfen.

Wenn sich eine Erschütterung in einem Mittel von gleichförmiger Elasticität und Dichtigkeit fortpflanzt, so wird sie niemals rückgängig, vielmehr läſst sie, indem sie auf neue Schichten übergeht, die vorhergehenden Schichten in einer absoluten Ruhe zurück; eben so wie eine Billardkugel, welche eine andere Kugel von gleicher Masse trifft, dieser ihre gesammte Bewegung mittheilt, und nach dem Stoſse in Ruhe bleibt. Dieſs ist nicht mehr der Fall, wenn die zweite Kugel mehr oder weniger Masse als die erste besitzt; in beiden Fällen

bleibt diese nach dem Stofse in Bewegung. Hat die zweite Kugel mehr Masse als die erste, so wird diese durch die neue Geschwindigkeit nach einer ihrer früheren Bewegung entgegengesetzten Richtung fortgeführt, und hat die zweite Kugel weniger Masse als die erste, so fährt diese fort sich in gleicher Richtung zu bewegen. Mithin sind die Bewegungen, welche die erste Kugel nach dem Stofse besitzt, in den beiden Fällen von entgegengesetzter Richtung. Hierdurch läfst sich begreifen, was geschieht, wenn eine Welle die Berührungsfläche zweier elastischer Mittel von ungleicher Dichte erreicht. Die unendlich dünne Schicht des ersten Mittels, welche das zweite Mittel berührt, und welche wir uns als die erste Kugel vorstellen können, bleibt, nachdem sie die anliegende Schicht des zweiten Mittels in Bewegung gesetzt hat, wegen des Unterschiedes ihrer Dichte nicht in Ruhe, und es findet eine Reflexion statt. Aber die neue Geschwindigkeit, mit der die Schicht des ersten Mittels nach dem Stofs begabt ist, und die sich successiv den vorderen Schichten desselben Mittels mittheilt, mufs die Richtung wechseln, je nachdem die Schicht des zweiten Mittels mehr oder weniger Masse als die des ersten Mittels besitzt, d. h. je nachdem dieses Mittel lockerer oder dichter ist als das zweite. Dieser wichtige Satz, welchen Hr. Young durch die so eben auseinandergesetzten Betrachtungen aufgefunden hat, ergiebt sich auch aus den Formeln, welche Hr. Poisson aus einer gelehrten und strengen analytischen Untersuchung hergeleitet hat. Auf die Reflexion des Lichtes angewandt, lehrt uns dieser Satz, dafs die Oscillationsbewegung positiv oder negativ ist, je nach dem eine Lichtwelle innerhalb oder aufserhalb eines dichteren Mittels reflectirt wird. Alle correspondirenden Oscillationsbewegungen sind also in den beiden Fällen von entgegengesetztem Zeichen.

Diefs vorausgesetzt, wollen wir zu der Erscheinung der farbigen Ringe zurückkehren, und, zur Vereinfachung

der Schlüsse, annehmen, dafs man das reflectirte Licht unter senkrechter Incidenz oder wenigstens in einer sich wenig von ihr entfernenden Richtung beobachte. Betrachten wir ein Wellensystem, welches von einem leuchtenden Gegenstande auf die erste Fläche der Luftschicht, d. h. auf die zweite Fläche des oberen Glases fällt. Was wir von diesem Wellensysteme sagen werden, läfst sich auf alle übrigen anwenden. Im Moment, wo es auf der das Glas und die Luft von einander trennenden Fläche anlangt, erleidet es eine partielle Reflexion, wodurch die Intensität des von der Luftschicht durchgelassenen Lichtes ein wenig geschwächt wird, und in dem ersten Glase ein zweites Wellensystem entsteht, dessen Intensität bekanntlich weit geringer als die des durchgelassenen Lichtes ist. Das letztere, welches durch diese Reflexion sehr wenig geschwächt worden ist, erzeugt bei seiner Ankunft auf der zweiten Fläche der Luftschicht ein zweites System von reflectirten Wellen, die mit den von der ersten Fläche herrührenden Wellen fast gleiche Intensität besitzen. Deshalb giebt ihre Interferenz, bei weifsem Lichte, so lebhafte Farben, und, bei homogenen Lichte, so deutliche helle und dunkle Ringe. Da die beiden Flächen der Luftschicht in der Nähe des Berührungspunktes, wo sich die farbigen Ringe bilden, fast parallel liegen, so gehen die beiden Wellensysteme einen gleichen Weg; aber dasjenige, welches an der zweiten Fläche reflectirt worden ist, bleibt gegen das andere zurück, und zwar um eine Strecke, die gleich ist der doppelten Dicke der Luftschicht, welche es zweimal durchlaufen hat. Ueberdiefs mufs man bemerken, dafs zwischen ihnen noch eine andere Verschiedenheit da ist, die nämlich, dafs das erste *innerhalb* des Glases oder des dichteren Mittels reflectirt worden ist, während das andere *aufserhalb* des unteren Glases reflectirt wird, woraus, nach dem oben aufgestellten Satz, ein Gegensatz in der oscillatorischen Bewegung hervorgeht. Wenn also, in Folge des Unterschiedes in den

durchlaufenen Wegen, die beiden Wellensysteme im Accorde stehen, d. h. sie alle ihre Oscillationsbewegungen in gleichem Sinne ausführen müfsten, so schliefsen wir daraus, dafs sie im Gegentheil in völliger Discordanz stehen, und umgekehrt, wenn der Unterschied in den durchlaufenen Wegen eine völlige Discordanz anzeigen würde, schliefsen wir, das die Oscillationsbewegungen vollkommen zusammenstimmen. Diefs angenommen, ist es leicht die Lage der dunklen und hellen Ringe zu bestimmen.

Da der Berührungspunkt, wo die Dicke der Luftschicht Null ist, keinen Unterschied in dem Gange zwischen beiden Wellensystemen hervorbringt, so würde er eine völlige Uebereinstimmung zwischen ihren Vibrationen herbeiführen. Wegen des Gegensatzes im Zeichen (in der Oscillationsbewegung. *P.*) mufs man aber das Gegentheil nehmen; ihre Schwingungen werden also in völliger Discordanz stehen, und der Berührungspunkt, durch Reflexion gesehen, einen schwarzen Fleck darbieten. So wie man sich von ihm entfernt, nimmt die Dicke der Luftschicht zu. Verweilen wir bei dem Punkte, wo ihre Dicke einer Viertel-Undulation gleich ist. Der Unterschied in den durchlaufenen Wegen wird hier eine halbe Undulation betragen, welche einer völligen Discordanz entspricht; folglich wird hier ein vollkommner Accord zwischen beiden Wellensystemen statt finden, und dieser Punkt der leuchtendste im ersten hellen Ringe seyn. Ist die Dicke der Luftschicht einer halben Undulation gleich, so wird der Unterschied in den durchlaufenen Wegen gleich seyn einer ganzen Undulation, welche einem vollständigen Accorde entspricht; es wird eine völlige Discordanz statt finden, und dieser Punkt die Mitte eines dunklen Ringes seyn. Ueberhaupt ist durch dieselben Schlüsse leicht einzusehen, dafs die dunkelsten Stellen der dunklen Ringe, Punkten entsprechen, wo die Dicke der Luftschicht gleich ist:

$$0,\ \tfrac{1}{2}d,\ \tfrac{3}{2}d,\ 2d,\ \tfrac{5}{2}d \text{ u. s. w.}$$

und die leuchtendsten Punkte der hellen Ringe denen, wo die Dicke ist:

$$\tfrac{1}{4}d,\ \tfrac{3}{4}d,\ \tfrac{5}{4}d,\ \tfrac{7}{4}d,\ \tfrac{9}{4}d,\ \tfrac{11}{4}d \text{ u. s. w.}$$

wo d die Länge einer Lichtwelle in der Luft bezeichnet. Nimmt man das Viertel dieser Länge zur Einheit an, so läfst sich die Dicke der Luftschicht an den Punkten der *Maxima* und *Minima* des reflectirten Lichts durch folgende Zahlen darstellen:

Dunkle Ringe 0, 2, 4, 6, 8, 10 u. s. w.
Helle Ringe 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. s. w.

Man sieht, dafs diese Einheit oder dieses Viertel einer Licht-Undulation genau die Länge ist, welche Newton *Anwandlung der Lichttheilchen* nennt. Multiplicirt man also durch vier die Werthe, welche derselbe für die sieben Hauptgattungen von einfachen Strahlen gegeben hat, so erhält man die entsprechenden Längen ihrer Undulationen. Auf diese Art findet man dieselben Resultate, wie wenn man die Undulationslängen aus der Messung der von zwei Spiegeln erzeugten Fransen oder aus andern Diffractionserscheinungen ableitet. Diese numerische Identität, welche Hr. Young zuerst bemerkt hat, setzt die farbigen Ringe mit der Diffraction des Lichts in eine innige Beziehung, welche früher den von dem Emissionssysteme geleiteten Physikern entgangen war, und nur durch die Undulationstheorie nachgewiesen werden konnte.

Aus Hrn. Arago's Versuche über die Verschiebung, welche die durch Interferenz zweier Lichtbündel erzeugten Fransen erleiden, wenn einer derselben durch eine dünne Lamelle gegangen ist *), haben wir ersehen, dafs die Lichtwellen in dieser Lamelle verkürzt werden, und zwar in dem Verhältnifs, worin beim Uebergange des Lichts aus der Luft in die Lamelle, der Sinus der Refraction zu dem der Incidenz steht. Dieser Satz ist von allgemeiner Gültigkeit, und erstreckt sich auf alle

*) Dies. Ann. Bd. 81. S. 248. *P.*

brechenden Körper von jeglicher Art. So z. B. verhält sich die Länge der Lichtwellen in Luft, zu der Wellenlänge im Wasser, wie der Sinus des Einfallswinkels der Strahlen, die in schiefer Richtung aus Luft in Wasser übergehen, zu dem Sinus ihres Brechungswinkels. Wenn man folglich zwischen die beiden einander berührenden Gläser, welche die farbigen Ringe zeigen, Wasser bringt, und also die Luftschicht durch eine Schicht Wasser ersetzt, worin die Lichtwellen in dem angegebenen Verhältnisse kürzer sind, so wird die Dicke der beiden Schichten an den Punkten, wo sie die nämlichen Ringe reflectiren, in demselben Verhältnisse stehen, wie der Sinus der Incidenz zum Sinus der Refraction beim Uebergange des Lichts aus Luft in Wasser.

Genau dasselbe Resultat hat Newton durch Beobachtung erhalten, als er die Durchmesser der in beiden Fällen erzeugten Ringe verglich, woraus er durch den Calcul die entsprechenden Dicken herleitete. Diese merkwürdige Beziehung zwischen den Erscheinungen der Diffraction, der Refraction und der farbigen Ringe, die sich bei der Emissionshypothese an nichts anschliefst, hätte nach der Undulationstheorie vorhergesagt werden können, da nach ihr die Winkel der Incidenz und Refraction nothwendig den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten oder den Längen der Lichtundulationen in beiden Mitteln gleich ist, wie wir es bald bei Erklärung der Refractionsgesetze beweisen werden.

Nachdem Hr. Young die Bildung der reflectirten Ringe durch die Interferenz der an der ersten und zweiten Fläche der Luftschicht reflectirten Strahlen erklärt hatte, zeigte derselbe, dafs die, weit schwächeren, Ringe, welche man beim Hindurchsehen erblickt, daraus entstehen, dafs sich die direct hindurchgehenden Strahlen mit denen, welche erst nach zweimaliger Reflexion hinaustreten, interferiren, und dafs sie folglich die complementären zu den reflectirten Ringen sind, was auch mit der

Erfahrung übereinstimmt. Wir halten es für überflüssig, diese Erklärung weiter zu entwickeln, da sie der vorgehenden durchaus ähnlich ist. Wir bemerken hier blofs, dafs die ungemeine Schwäche der durchgelassenen Ringe bei senkrechter Incidenz, davon herrührt, dafs die beiden Wellensysteme, durch welche sie erzeugt werden, sehr an Intensität verschieden sind.

Wir werden die reflectirten Ringe nicht weiter bei schiefen Incidenzen behandeln, sondern begnügen uns, zu sagen, dafs es die Theorie erklärt, weshalb deren Durchmesser mit der Schiefe wächst, und dafs die aus ihr abgeleitete Formel die Thatsachen mit Genauigkeit darstellt, wenigstens so lange, als die Schiefen nicht sehr grofs sind. Wenn die Strahlen, welche in die Luftschicht eindringen, sehr geneigt sind, so stimmen die Resultate der Rechnung nicht mehr mit den Messungen von Newton überein. Allein, wahrscheinlich rührt diese Anomalie davon her, dafs die gewöhnlichen Gesetze der Refraction, nach denen die Formel berechnet ist, bei einem sehr geneigten Durchgange der Strahlen zwischen zwei so nahe liegenden Flächen einige Abänderungen erleiden.

Wir haben bis jetzt nur die von einfachem Licht erzeugten Ringe betrachtet; es ist aber leicht daraus abzunehmen, was beim weifsen Licht geschehen wird. Die Schlüsse sind denen ähnlich, welche wir früher bei den Fransen in dem Versuche mit zwei Spiegeln gemacht haben. Man findet überdiefs diese Analyse des Phänomens mit der gröfsten Ausführlichkeit in der Optik von Newton auseinandergesetzt, der zuerst gezeigt hat, dafs die durch das weifse Licht erzeugten Erscheinungen immer hervorgehen aus dem Vereine der verschiedenen Wirkungen der farbigen Strahlen, aus denen jenes zusammengesezt ist.

Von der Reflexion.

Durch einen von dem Stofse elastischer Körper hergenommenen Vergleich, haben wir gezeigt, wie an der

Berührungsfläche zweier Mittel von verschiedener Dichte, ein Theil der vibratorischen Bewegung reflectirt, und der andere Theil durchgelassen und in dem zweiten Mittel fortgepflanzt wird *). Wir haben dadurch erklärt, wie das Licht, bei seiner Ankunft an der Oberfläche eines durchsichtigen Körpers in zurückgeworfene und durchgelassene Strahlen getheilt wird; aber wir haben noch keine Rechenschaft von den Gesetzen gegeben, denen ihre Richtungen unterworfen sind. Diefs wollen wir gegenwärtig versuchen, und dabei die Erklärung auf die einfachsten Betrachtungen zurückführen. Die etwas complicirten Entwickelungen, die zu einem ganz allgemeinen und strengen Beweise erforderlich sind, mögen hier der Kürze aufgeopfert werden.

Es seyen (Taf. III. Fig. 1.) ED und FG zwei einfallende Strahlen, und zwar ausgegangen von einem und demselben Undulationscentrum, welches ich als unendlich entfernt annehme, so dafs diese Strahlen unter sich parallel sind. AB sey die reflectirende Ebene. Durch den Punkt G ziehe man die gerade GI senkrecht gegen die Strahlen ED und FG; diefs wird die Richtung der einfallenden Welle seyn, im Augenblicke wo sie in G die reflectirende Fläche trifft. Nach dem Huyghen'schen Satze können wir jeden durch diese Welle successiv erschütterten Punkt, wie G und D, als Erschütterungsmittelpunkte betrachten, welche, wenn sie isolirt wirkten, nach allen Seiten Strahlen, und zwar von verschiedener Intensität aussenden würden. Es wäre ohne Zweifel sehr schwierig das Gesetz zu entdecken, nach welchem ihre Intensität rings um den strahlenden Punkt

*) Man kann über diesen Gegenstand die schöne Abhandlung des Hrn. Poisson über die Reflexion der Wellen an der Berührungsfläche zweier elastischen und an Dichte ungleichen Mitteln zu Rathe ziehen; man findet daselbst einen strengen Beweis dieses allgemeinen Satzes.

sich änderte, aber glücklicherweise haben wir es nicht nöthig. Denn wie auch dieses Gesetz beschaffen seyn mag, so ist doch klar, dafs diejenigen partiellen, von G und D ausgehenden Strahlen, welche parallele Richtungen haben, sich durchaus unter gleichen Umständen befinden, und also gleiche Intensität und in der Occillationsbewegung gleiche Richtung haben müssen. Dieser Satz reicht nun hin, um zu beurtheilen, nach welcher Richtung sich die Schwingungen, die aus der Vereinigung der partiellen Strahlen hervorgehen, fortpflanzen können. Betrachten wir nämlich die reflectirte Welle in einem Abstand AB, der gegen die Strecke GD und gegen ähnliche Strecken derselben Ordnung unendlich grofs ist; und seyen GK und DL zwei reflectirte Elementar-Strahlen, die gegen einen nämlichen Punkt dieser Welle gerichtet sind; sie werden wegen der grofsen Entfernung dieser Welle einander parallel seyn. Man nehme an, der Winkel KGB sey gleich dem Winkel EDA. Es ist klar, dafs die Schwingungen, welche durch die Strahlen GK und DL im Punkte ihres Zusammentreffens herbeigeführt werden, in vollkommenem Accorde stehen. Denn, wegen der Gleichheit jener Winkel wird, wenn man vom Punkte D eine Senkrechte DC auf GH fällt, das Dreieck GCD dem Dreieck IDG gleich seyn, folglich auch GC gleich ID. Nun ist ID die Strecke Weges, die der einfallende Strahl ED mehr als der Strahl FG durchlaufen hat, um zur Oberfläche zu gelangen; und CG ist die Strecke Weges, welche der in G reflectirte Strahl mehr als der in D reflectirte durchlaufen mufs, um zu dem Punkte des Zusammentreffens zu gelangen; mithin haben sie, wenn sie hier angelangt sind, in Summa einen Weg von gleicher Länge zurückgelegt, und folglich schwingen sie hier in Uebereinstimmung.

Dieſs ist aber nicht mehr der Fall, wenn die Richtung der Elementar-Strahlen Gk und Dl, welche auch, wie

ich annehme, gegen einen unendlich entfernten Punkt gerichtet sind, mit der Oberfläche einen Winkel machen, der nicht mehr gleich EDA ist. Denn da alsdann die Strecke Gc, zwischen dem Punkte G und dem Fufs der Senkrechten Dc nicht mehr gleich ID ist, so sind auch die Wege, welche die Strahlen durchlaufen, um zum Punkte ihres Zusammentreffens zu gelangen, nicht mehr gleich, und die Schwingungen in diesem Punkte müssen mehr oder weniger in Discordanz stehen. Nun kann man immer den Punkt G in einem solchen Abstande vom Punkte D nehmen, dafs der Unterschied zwischen CG und ID einer halben Undulation gleich sey; diefs wird, im Punkte des Zusammentreffens, zwischen den nach Gk und Dl reflectirten Vibrationen eine vollständige Discordanz bewirken, und da sie überdiefs von gleicher Intensität sind, so werden sie gegenseitig zerstört, folglich wird nach dieser Richtung hin kein Licht fortgepflanzt.

So wahr ist es, dafs in diesem Fall der Elementar-Strahl Dl durch den vom Punkte G kommenden neutralisirt wird, dafs wenn man die letzteren, oder die Strahlen, welche ihm nahe genug liegen, um gleichfalls die Schwingungen des Strahles Dl vernichten zu können, fortnimmt, dieser Strahl wieder zum Vorschein kommt. Die verschiedenen in D reflectirten Strahlen können um so mehr divergiren, je beschränkter die Erstreckung der reflectirenden Ebene auf jeder Seite dieses Punktes ist. denn der Elementar-Strahl $G'k'$, welcher von dem mit G in gleichem Abstande von D liegenden Punkte G' ausgeht, vernichtet im Punkte des Zusammentreffens eben, so gut wie der Strahl Gk die Schwingungen des Strahles Dl. Die allgemeine Art, sich die gegenseitige Zerstörung der Elementar-Strahlen vorzustellen, besteht darin, dafs man annimmt, jeder intermediäre Strahl Dl werde durch die Hälfte (der Intensität nach) des Strahles Gk und durch die Hälfte des Strahles $G'k'$ zerstört. Die übrigbleiben-

den Hälften dieser Strahlen wiederum durch die Hälften der folgenden Strahlen, und so fort *).

*) Wenn man demnach die Oberfläche des Spiegels in eine Reihe Portionen, wie DG', $G'G''$ u. s. w. von gleicher Gröfse mit GD theilt, so werden von den in den Punkten G, D, G', G'' reflectirten Strahlen diejenigen, welche nach einem und demselben, sehr entfernten Punkt gerichtet und folglich unter einander parallel sind, zu je zwei um eine halbe Undulation in ihrem Gange verschieden seyn. So z. B. wird an den gemeinschaftlichen Punkt der Strahl Gk um eine halbe Undulation gegen den Strahl Dl voraus seyn, dieser wieder um dieselbe Gröfse gegen den Strahl $G''k$, und so weiter. Aus demselben Grunde wird der mitten von CD ausgehende Strahl in völliger Discordanz stehen mit dem mitten von DG' ausgesandten, und dieselbe Discordanz wird gleichfalls zwischen den, an allen entsprechenden Punkten der Intervalle GD und DG' reflectirten Strahlen statt finden. Eben so werden alle in den verschiedenen Punkten von DG' reflectirten Strahlen in völliger Discordanz stehen, mit denen, welche in den correspondirenden Punkten von $G'G''$ reflektirt werden u. s. w. Da nun die Intervalle GD, DG', $G'G''$ u. s. w. unter sich gleich sind, so wird die Menge der von ihnen reflectirten Strahlen auch gleich seyn. Man kann also annehmen, dafs jeder Bündel von Elementar-Strahlen, welcher nach dieser Richtung von irgend einem Intervall DG' reflectirt wird, zerstört werde durch die Hälfte (der Intensität nach) der Strahlen des vorhergehenden und nachfolgenden Bündels. Ist die Oberfläche begränzt und schliefst sie eine gerade Anzahl von Intervallen ein, so stehen die übrigbleibenden Hälften der äufsersten Strahlen, im Punkte des Zusammentreffens, in vollständiger Discordanz zu einander. Sie zerstören sich hier also gegenseitig, und es wird kein Licht nach dieser Richtung reflectirt. Wenn aber die Zahl der Intervalle ungerade ist, so wird das nach dieser Richtung reflectirte Licht, möglichst ungeschwächt seyn, da die übrigbleibenden Hälften der äufsersten Strahlen sich im völligen Accorde befinden. Es ist jedoch zu bemerken, dafs in diesem Falle, das nach der Richtung Gk gebeugte Licht, weit schwächer ist als das nach der Richtung GK reflectirte Licht, weil alle von der Oberfläche ausgehende Strahlen im ersten Punkte des Zusammentreffens gleiche Wege durchlaufen haben und sich in ihrer Wirkung addiren. Alle diese Folgerungen aus der Theorie werden durch die Erfahrung bestätigt.

Um begreiflich zu machen, wie ungemein schnell das Licht

Es ist leicht diese Folgerungen aus der Theorie durch einen Versuch zu bestätigen. Man lasse, in einem dunklen Zimmer, die Strahlen eines leuchtenden Punktes auf einen Metallspiegel oder auf einen an der Hinterseite geschwärzten Glasspiegel fallen, deren obere Fläche man mit einem recht matten Schwarz überzogen hat, bis auf einen etwas langen und sehr schmalen Raum, den zwei unter einem sehr scharfen Winkel gegen einander geneigte Linien einschliefsen, so dafs dieser reflectirende Raum bis zum Punkte des Zusammentreffens seiner Ränder an Breite abnimmt. Entfernt man sich nun hinlänglich von dem Spiegel, und fängt das reflectirte Licht mit einer weifsen Pappscheibe auf, oder beobachtet es direct mit einer Loupe, so bemerkt man, dafs der Lichtbündel, welcher nahe am Scheitel des Winkels reflectirt wird, weit breiter ist als der, welcher vom entgegengesetzten Ende herkommt, und dafs folglich die reflectirten Strahlen um so stärker divergiren, je schmäler der reflectirende Raum ist.

Diese Art, die Reflexion zu betrachten, erklärt nicht blofs, weshalb, wenn die Fläche schmal oder unterbrochen ist, die Strahlen in ihrem Gange von dem gewöhnlichen Gesetze der Gleichheit der Incidenz- und Reflexions-Winkel abweichen, sondern sie liefert selbst die Mittel, die

abnimmt in dem Maafse als die Richtung Gk sich von der des regelmäfsig reflectirten Lichtes entfernt, mufs ich noch hinzufügen, dafs, wenn man auf der Oberfläche des Spiegels nur fünf Intervallen wie GD zählen könnte, die zwischen den äufsersten Strahlen Unterschiede von einer halben Undulation gäben, die Intensität des nach Gk gebeugten Lichtes, nach der Theorie, nur ungefähr $\frac{1}{60}$ von der des regelmäfsig reflectirten Lichtes seyn würde. Und wie gering auch die Breite des Spiegels seyn mag, so sieht man doch, dafs sich die Richtung Gk nur sehr wenig von GK zu entfernen braucht, damit er fünf Intervalle wie GD enthalten könne, d. h. damit der Unterschied in dem Gange der von den beiden Enden des Spiegels ausgesandten Strahlen fünf halbe Undulationen betragen könne.

die relative Intensität derselben in ihren neuen Richtungen zu berechnen. Sie hat überdiefs den Vortheil, eine klare Idee von dem zu geben, was die Politur eines Spiegels ausmacht. Wie auch schon Newton bemerkt hat, darf man die Oberfläche selbst des besten Spiegels sich nicht als völlig glatt oder als eine mathematische Ebene vorstellen, vielmehr ist es aus dem zum Poliren angewandten Verfahren sichtlich, dafs sie mit einer Unzahl kleiner Unebenheiten übersäet ist; denn das feinste Pulver, welches man zu diesem Zweck verwendet, kann sie nur nach allen Richtungen ritzen, und diese Ritzen sind blofs durch ihre ungemeine Zartheit unwahrnehmbar. Aber welchen Grad von Feinheit müfsen sie haben, damit das Licht regelmäfsig reflectirt werden kann? — Diefs läfst sich leicht aus der Erklärung ableiten, welche wir von dem gewöhnlichen Reflexions-Gesetze gegeben haben.

Denn, wenn die Punkte G und G' (Taf. III. Fig. 1.), statt genau in der mathematischen Ebene ADB zu liegen, sich ein wenig über oder unter dieser Ebene befinden, so entsteht dadurch in dem Gange der Strahlen Gk und $G'k'$ eine kleine Verschiedenheit, welche die völlige Discordanz, in der sie sich in Bezug auf den Strahl Dl befinden, ein wenig verringert. In dem besonderen Fall, dafs die Incidenz senkrecht ist, beträgt z. B. dieser Unterschied das Doppelte des Abstandes der Punkte G und G' von der Ebene ADB; wenn also dieser ein Hundertel der Länge einer Lichtwelle betrüge, so würde der durch ihn bewirkte Unterschied im Gange ein Funfzigstel einer Undulation betragen. Eine so kleine Störung der vollständigen Discordanz zwischen den Elementar-Strahlen wird aber kein merkliches Licht nach der Richtung Dl erzeugen, wie man es auch mittelst der Interferenzformeln findet. Es ist also hinreichend, dafs die Höhe der Hervorragungen oder die Tiefe der Einsenkungen, in Bezug auf die Länge einer Lichtwelle, sehr klein sey, damit die Spiegelfläche nur unter

einem der Incidenz gleichem Winkel merklich Licht reflectire. Wenn z. B. die gröfsten Unebenheiten kein Hundertel einer Undulation, welche für die gelben Strahlen 5 oder 6 Zehntausendstel eines Millimeters beträgt, übersteigen, so wird der Spiegel eine sehr schöne Politur besitzen.

Hier bietet sich eine Folgerung dar, die Beachtung verdient. Da die Undulationslängen für die verschiedenartig gefärbten Strahlen, aus denen das weifse Licht besteht, ungleich sind, so begreift man, dafs die Unebenheiten der Fläche einen solchen Grad von Kleinheit haben können, dafs sie die längsten Undulationen (die der rothen Strahlen) schon ziemlich regelmäfsig reflectiren, während sie die violetten Strahlen, deren Undulation um ein Drittel kürzer ist, noch stark zerstreuen; so dafs in einem regelmäfsig reflectirten Bilde eines weifsen Gegenstandes, das Roth und Orangefarbene vorwaltete, während das Grüne und vor allen das Blaue und Violette darin in geringerem Verhältnisse zugegen wären, woraus dann ein röthlicher Farbenton entstehen würde. Diefs wird auch durch die Erfahrung bestätigt. Anstatt das Poliren bei dem schicklichen Zeitpunkt zu unterbrechen (was ohne Zweifel sehr schwer seyn würde), nehme man einen blofs matt geschliffenen Spiegel, d. h. einen solchen, dessen Oberfläche blofs mit feinem Schmirgel abgeschliffen ist, und neige diesen Spiegel gegen die einfallenden Strahlen, bis man von dem durch Reflexion gesehenen weifsen Gegenstande ein ziemlich deutliches Bild zu erblicken anfängt. Diefs wird falb seyn, und selbst orangeroth wie die Farbe der untergehenden Sonne, sobald der Gegenstand so hell ist, dafs man nicht genöthigt wird den Spiegel zu sehr zu neigen. Die Farbe des Bildes ist übrigens dieselbe, von welcher Art auch der reflectirende Körper sey, er mag z. B. Stahl seyn oder ein grünliches Crownglas. In dem Maafse als man die Schiefe des Spiegels vermehrt, wird das Bild weifser und glän-

zender, und wenn er sich dem Parallelismus mit den einfallenden Strahlen nähert, ist die Reflexion eben so regelmäfsig und fast eben so lebhaft, als wenn er völlig polirt gewesen wäre. Man sieht, dafs in diesem Versuche die Schiefe des Spiegels dasselbe bewirkt, wie die Verringerung der Unebenheiten seiner Oberfläche. Der Grund davon ist leicht einzusehen. Die Unebenheiten stören nämlich die Regelmäfsigkeit der Reflexion nur in so fern, als sie die durchlaufenen Wege ungleich machen; und es läfst sich leicht auf geometrischem Wege erweisen, dafs diese Ungleichheiten um so kleiner werden, je gröfser die Schiefe der Strahlen ist.

Von der Refraction.

Wenden wir jetzt auf die Refraction die Interferenzen an, durch welche wir die Gesetze der Reflexion erklärt haben.

Es sey Taf. III. Fig. 2. AB die Trennungsfläche zweier Mittel, in welchen sich das Licht mit ungleicher Geschwindigkeit fortpflanzt. Ich nehme auch hier an, dafs die einfallenden Strahlen FG und ED von einem unendlich entfernten Gegenstande ausgehen, und folglich einander parallel seyen. Um die Schlüsse zu vereinfachen, werde ich überdiefs nur die Wirkungen derjenigen Elementarstrahlen untersuchen, welche, in Bezug auf das Intervall GD, oder auf andere Gröfsen derselben Ordnung, in einem unendlich grofsen Abstande von AB gebrochen werden. Durch den Punkt G ziehe ich GI senkrecht gegen die einfallenden Strahlen; dann wird GI die Richtung der einfallenden Welle seyn, oder, mit anderen Worten, die correspondirenden Undulationsbewegungen der beiden einfallenden Strahlen werden in G und in I gleichzeitig anlangen. ID ist also die Strecke, welche der Strahl ED mehr als der andere durchlaufen mufs, um zur Oberfläche zu gelangen. Betrachten wir eben so die beiden gebrochenen Elementar-Strahlen, welche von

den Punkten G und D ausgehen, und in den Richtungen GK und DL auf einen und denselben unendlich entfernten Punkt stofsen, so wird, wenn man die Senkrechte DM zieht, GM die Strecke Weges seyn, welche, von der Oberfläche ab, der Strahl GK mehr als der andere durchlaufen mufs, um den Punkt des Zusammentreffens zu erreichen. Die beiden Strahlen werden also hier gleichzeitig eintreffen, wenn das Licht die Strecke GM in demselben Zeitraum durchläuft wie die Strecke ID. Es ist klar, dafs hiezu die beiden Wege in demselben Verhältnisse stehen müssen wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten oder die Undulationslängen des Lichts in beiden Mitteln. Bezeichnet man demnach mit d und d' die Undulationslängen in dem ersten und zweiten Mittel, so wird man die Proportion haben $GM:DI::d':d$. Nimmt man aber GD als Radius, so wird GM der Sinus des Winkels GDM seyn, und ID der Sinus des Winkels IGD. Nun ist IGD gleich dem Einfallswinkel IDP, und GDM gleich dem Brechungswinkel QDL, folglich mufs sich der Einfallswinkel zum Brechungswinkel verhalten wie d' zu d, wenn die gebrochenen Elementar-Strahlen, welche wir betrachten, im Punkte des Zusammentreffens in völligem Accorde stehen sollten. Und da diese Bedingung alsdann auch für alle übrigen Elementar-Strahlen, die von den verschiedenen Punkten der Fläche AB ausgehen, und sich in demselben Punkt vereinigen, erfüllt ist, so werden daselbst alle ihre Undulationen einander decken und sich gegenseitig addiren. Diefs geschieht nicht mehr bei den andern Elementar-Strahlen Gk und Dl, welche zwar auch auf einen sehr entfernten Punkt gehen, aber in einer andern Richtung. Denn da alsdann Gm gröfser oder kleiner als GM ist, so wird diese Strecke nicht mehr in demselben Zeitraum wie ID durchlaufen, und daraus entsteht in dem Gange des einen Strahls beziehungsweise zu dem des andern eine Verzögerung. Nun kann man aber G immer in einem solchen

Abstande von D nehmen, dafs der Unterschied im Gange immer genau einer halben Undulation gleich ist; woraus erhellt, dafs es für jeglichen Elementar-Strahl Dl, der sich von der Richtung DL entfernt, immer einen andern, nach demselben Punkt gerichteten Strahl Gk giebt, der von ihm um eine halbe Undulation abweicht. Nach welchem Gesetze nun aber auch die Intensität der Elementar-Strahlen, welche jede der in G und D erregten Erschütterungen nach allen Richtungen aussendet, sich, im Fall dafs sie isolirt wirken, verändern mögen; so ist doch klar, dafs, da für alle Vibrations-Reihen, die sich nach den parallelen Strahlen Dl und Gk fortpflanzen, die Umstände durchaus ähnlich sind, ihre Intensitäten und die Richtungen ihrer Oscillationsbewegungen es ebenfalls seyn werden. Da nun diese Vibrationen um eine halbe Undulation in ihrem Gange verschieden sind, so werden sich ihre Bewegungen gegenseitig zerstören *).

*) Nicht blofs diese Bewegungen sind es, die sich gegenseitig aufheben, sondern auch die Condensationen und Dilatationen, von denen sie begleitet sind, und wirklich, da in der ursprünglichen Bewegung alles symetrisch und gleich zwischen den Gröfsen von entgegengesetzten Zeichen ist, so mufs zwischen den von ihr abstammenden Elementar-Wellen dasselbe statt finden. Diese Gleichheit ist hinreichend, damit alle Gröfsen von entgegengesetztem Zeichen, positive und negative Geschwindigkeiten, Condensationen und Dilatationen, sich gegenseitig vernichten, wenn die positiven Gröfsen den negativen entsprechen, oder, mit andern Worten, wenn die beiden sich interferirenden Wellensysteme in ihrem Gange um eine halbe Undulation verschieden sind.

Wie bei der Reflexion, bemerken wir hier, dafs wenn die Fläche AB nicht unbegränzt ist, stets von den ihren Rändern nahe liegenden Punkten Elementar-Strahlen ausgehen, die nicht völlig zerstört werden, wenigstens dann, wenn in der Richtung DL, die wir betrachten, die Intervalle wie GD, die einem Unterschiede von einer halben Undulation zwischen den äufseren Strahlen entsprechen, nicht in gerader Anzahl auf der Erstreckung dieser Fläche vorhanden sind. Allein wie schmal sie auch seyn mag, so ist doch das von ihren Rändern kommende,

Man sieht also, dafs in dem zweiten Mittel die Lichtvibrationen sich nur in einer solchen Richtung zeigen können, dafs der Sinus des Brechungswinkels sich zu dem des Einfallswinkels verhält wie d' zu d.

Wenn die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in jedem Mittel nach allen Richtungen dieselbe bleibt, so bleibt auch das Verhältnifs von d zu d', und folglich auch das des Sinus des Einfalls- und Brechungswinkel constant, und das Licht gehorcht dem bekannten Gesetze der gewöhnlichen Refraction. Es giebt aber Substanzen, in denen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Richtung der Strahlen veränderlich ist, und alsdann werden die, welche diese Einwirkung erleiden, nicht auf dieselbe Weise gebrochen.

Die Beziehung, welche wir so eben zwischen dem Sinus der Incidenz und Refraction gefunden haben, stimmt, wie man sieht, vollkommen mit Hrn. Arago's Versuche überein, welcher zeigt, dafs die Länge der Lichtundulationen in zwei verschiedenen Mitteln sich zu einander verhalten, wie der Sinus der Incidenz zu dem der Refraction bei dem Uebergange des Lichts aus dem einen Mittel in das andere. Diese Beziehung erklärt zugleich, weshalb die Dicken der Luft- und Wasserschicht, welche dieselben Farbenringe reflectiren, sich zu einander verhalten wie der Sinus der Incidenz und Refraction, bei dem Uebergange des Lichts aus Luft in Wasser.

Verallgemeinert man die Betrachtungen, welche wir so eben für den besondern Fall, dafs die Fläche stetig und unbegränzt sey, zur Erklärung des gewöhnlichen Refractions-Gesetzes angewandt haben; so kann man mit denselben Formeln, welche auf die Diffractions-Erschei-

gebeugte Licht weit schwächer, als das, welches regelmäfsig reflectirt wird.

Hinsichtlich der ausführlichen Entwicklung verweisen wir auf die Noten zur Abhandlung über die Diffraction, die in den *Memoires de savans etrangers* bekannt gemacht werden wird (auch für sich bereits erschienen ist. *P.*)

nungen anwendbar sind, die weit verwickelteren Gesetze bestimmen, welche die gebrochnen Strahlen im Falle einer Discontinuität oder geringen Breite der Fläche befolgen, und man gelangt dadurch immer zu erfahrungsgemäfsen Resultaten. Diefs beweist zugleich die Richtigkeit und Allgemeinheit des Huyghen'schen Satzes und des Interferenz-Gesetze, auf welchen diese ganze Theorie beruht.

Ich kann diese kurze Auseinandersetzung der Refraction nicht beschliefsen, ohne noch einige theoretische Ansichten über eine optische Erscheinung zu berühren, welche immer mit der Refraction verbunden ist, welche man häufig untersucht hat, und welche dennoch zu denen gehört, deren Gesetze noch am wenigsten bekannt sind. Ich spreche von der Zertheilung des Lichts beim Durchgange durch ein Prisma, welcher man den Namen der Dispersion (Farbenzerstreuung) gegeben hat, weil sie gewissermafsen die farbigen Strahlen, aus denen das weifse Licht besteht, von einander scheidet und zerstreut, indem sie diese zwingt verschiedene Richtungen einzuschlagen. Es geht aus dieser Erscheinung hervor, dafs die verschiedenartig gefärbten Strahlen nicht gleichmäfsig gebrochen werden, oder mit anderen Worten, dafs die Undulationen von verschiedener Länge sich nicht mit gleicher Geschwindigkeit in denselben Mitteln fortpflanzen. Denn es ist eine nothwendige Folge der Erklärung, welche wir von der Refraction gegeben haben, dafs das Verhältnifs zwischen dem Sinus der Incidenz und der Refraction für jede Wellenart immer gleich seyn mufs, dem Verhältnifs zwischen ihren Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in den beiden Mitteln; so dafs wenn die verschiedenen Strahlen diese Mittel mit gleicher Geschwindigkeit durchliefen, sie auch gleichmäfsig gebrochen würde, und keine Dispersion statt fände. Man mufs also annehmen, dafs in den brechenden Mitteln die Wellen von verschiedener Länge sich nicht mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, oder, mit

andern Worten, dafs sie nicht in demselben Verhältnisse verkürzt werden. Diese Folgerung scheint im ersten Augenblick in Widerspruch zu stehen mit den Resultaten der tiefen analytischen Untersuchung des Hrn. Poisson über die Fortpflanzung der Schallwellen in elastischen Mitteln von verschiedener Dichte. Indefs mufs man bemerken, dafs seine allgemeinen Formeln auf der Hypothese beruhen, dafs jede unendlich dünne Schicht des Fluidums nur von der sie berührenden Schicht zurückgestofsen werde, und dafs also die accelerirende Kraft sich, in Bezug auf die Länge einer Undulation, nur auf unendlich kleine Entfernungen erstrecke. Diese Hypothese ist ohne Zweifel ganz zulässig für die Schallwellen, von denen die kürzesten noch eine Länge von einigen Millimetern besitzen; allein für die Lichtwellen, von denen die längsten noch nicht ein Tausendstel eines Millimeters lang sind, könnte sie ungenau werden. Es ist sehr möglich, dafs der Wirkungskreis der accelerirenden Kraft, welche die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts in einem brechenden Mittel bedingt, oder die gegenseitige Abhängigkeit der Theilchen, aus denen dieses besteht, sich auf Entfernungen erstreckt, die nicht unendlich klein sind gegen ein Tausendstel eines Millimeters. Diefs widerspricht nicht den Ideen, welche uns die Erfahrung von der Kleinheit dieser Wirkungkreise giebt. Nun ist es leicht aus der Mechanik zu ersehen, dafs, wenn der Wirkungskreis der accelerirenden Kräfte sich wirklich, in Bezug auf die Länge der Lichtwellen, auf merkliche Entfernungen erstreckt, die längeren Wellen bei ihrem Durchgange durch dichte Mittel weniger verzögert oder verhältnifsmäfsig weniger verkürzt, folglich auch weniger gebrochen werden müssen, als die kürzeren Wellen. Diefs würde mit der einzigen allgemeinen Regel übereinstimmen, welche die Erfahrung bis jetzt beider Erscheinung der Dispersion entdeckt hat.

Wie dem auch sey, die Thatsachen beweisen, dafs die Lichtwellen von ungleicher Länge sich in denselben brechenden Mitteln mit verschiedener Geschwindigkeit fortpflanzen, nach veränderlichen Verhältnissen, deren Gesetze noch gänzlich unbekannt sind, und die auf eine sehr innige Art von der chemischen Natur der Körper abzuhangen scheinen. Sollte die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der verschiedenen Strahlen an sich in reinem Aether, wie er die Himmelsräume erfüllt, auch einige Unterschiede zeigen? — Diefs ist eine Frage, die sich mit Gewifsheit schwer beantworten läfst, durch die astronomischen Beobachtungen des Hrn. Arago aber nicht bejaht zu werden scheint.

Von der doppelten Refraction und der Polarisation.

Wenn man einen Lichtbündel auf eine der natürlichen Flächen eines Kalkspath-Rhomboëders fallen läfst, so theilt er sich in diesem in zwei Bündel, welche verschiedene Wege einschlagen, und dadurch von Gegenständen, die durch das Rhomboëder gesehen werden, zwei Bilder darbieten. Man hat diesen Erscheinungen, so wie allen ähnlichen, welche andere Krystalle zeigen, wenn man sie zur deutlicheren Trennung der Bilder zu Prismen schleift, den Namen doppelte Strahlenbrechung gegeben.

Diese Spaltung des Lichts ist indefs nicht die einzige merkwürdige Thatsache, welche sich bei der doppelten Strahlenbrechung zeigt. Jeder der Bündel, in welche sich die einfallenden Strahlen zertheilen, besitzt besondere Eigenschaften, wodurch eine Verschiedenheit in ihren Seiten auftritt. Um hier die Erscheinungen mit Genauigkeit zu beschreiben, ist es nöthig, die üblichen Ausdrücke zu gebrauchen und kennen zu lernen.

In den Krystallen, bei denen die Gesetze der doppelten Refraction am einfachsten sind, giebt es stets eine gewisse Richtung, rings um welche nach allen Seiten die

Erscheinungen in gleicher Weise auftreten; diese Richtung nennt man die Axe des Krystalls. Man darf sie aber nicht als eine einzige Linie betrachten; im Gegentheil lassen sich in einem Krystalle eben so viele Axen annehmen, als Linien mit dieser Richtung parallel. Aber dennoch trägt der Krystall den Namen eines einaxigen, wenn in den optischen Erscheinungen rings um die Axe eine vollkommene Aehnlichkeit da ist. Man sieht also, dafs dieser Ausdruck hier seine gewöhnliche Bedeutung verliert und synonym wird mit Richtung. Man begreift auch, dafs die Richtung der Axe von der krystallinischen Anordnung der Theilchen des Mittels abhängt, und dafs sie in Bezug auf die Flächen oder Linien des Krystalls eine bestimmte Lage haben mufs, welche immer dieselbe bleibt in dem Krystall, wie man ihn auch gegen die einfallenden Strahlen neigen mag.

Es giebt Krystalle, worin die Aehnlichkeit um die Axe nicht vorhanden ist, und wo im Gegentheil zwei besondere, mehr oder weniger gegen einander geneigte Richtungen auftreten, die ähnliche Erscheinungen zeigen, wie die, welche man nach der Axe, wenn alles um sie her ähnlich ist, beobachtet. Diese Krystalle nennt man zweiaxige. Wir werden aber nur von den einaxigen Krystallen sprechen, da deren optische Eigenschaften einfacher und leichter zu begreifen sind.

Die Ebene, welche senkrecht gegen die Fläche der Krystalle durch die Axe gelegt wird, nennt man den *Hauptschnitt*. Da es nicht unsere Absicht ist, hier alle Arten nach welchen die Lichtstrahlen in den Krystallen gebrochen werden, auseinanderzusetzen, sondern blofs ihre Fortpflanzungsart in diesen Mitteln und die optischen Eigenschaften, die sie annehmen, so setzen wir zur Vereinfachung des Raisonnements voraus, dafs die einfallenden Strahlen sämmtlich lothrecht auf den Flächen des Krystalles stehen, und folglich in der Ebene des Hauptschnitts liegen. Wenn wir ihren Gang in verschiedenen Rich-

tungen gegen die Axe studiren wollen werden wir jedesmal voraussetzen, dafs die Flächen des Ein- und Austritts senkrecht gegen diese Richtungen geschnitten sind.

Diefs angenommen, bemerkt man am kohlensauren Kalk, dessen doppelte Refraction sehr stark ist, dafs wenn auch die einfallenden Strahlen senkrecht auf der Oberfläche stehen, einer der beiden Bündel eine schiefe Richtung gegen dieselbe annimmt, während der andere, übereinstimmend mit dem gewöhnlichen Refractions-Gesetz, keine Brechung erleidet. Deshalb sagt man, dieser sey *gewöhnlich* und jener *ungewöhnlich* gebrochen, und, um sie von einander zu unterscheiden, giebt man ihnen gleiche Namen mit der Refraction, welche sie erlitten haben. So nennt man den, welcher die gewöhnliche Refraction erlitten hat, den *gewöhnlichen* Strahl, und den, welcher die ungewöhnliche Refraction erlitten hat, den *ungewöhnlichen* Strahl. Eben so giebt man den Namen *gewöhnliches* Bild demjenigen, welches durch die gewöhnlichen Strahlen hervorgebracht wird, und *ungewöhnliches* dem, welches von den ungewöhnlichen Strahlen herrührt. In andern, mit doppelter Refraction begabten Krystallen, z. B. im Bergkrystall, findet dieselbe Spaltung unter denselben Umständen statt, aber in so geringem Grade, dafs mehrere sehr dicke Platten erforderlich sind, um sie sichtbar zu machen. Es gelingt aber leicht, wenn man den Krystall so schneidet, dafs die Austrittsfläche gegen die Eintrittsfläche geneigt ist, wodurch dann die beiden Bündel nicht in paralleler Richtung mit einander hinaustreten, und, wenn man sie weit genug verfolgt, sich immer trennen. Ohne uns indefs in das Detail der Versuche einzulassen, aus welchen sich die allgemeinen Gesetze der doppelten Refraction ergeben, wollen wir blofs die Hauptresultate derselben auseinandersetzen.

Zuvor ist zu bemerken, dafs wenn die einfallenden Strahlen, wie wir annehmen, auf der Fläche des Krystalles senkrecht stehen, die Ablenkung des ungewöhnli-

chen Strahls stets in der Ebene des Hauptschnitts geschieht, und dafs folglich die Ablenkung allemal Null wird, wenn die Strahlen den Krystall parallel mit der Axe oder senkrecht gegen dieselbe durchdringen.

Die Beobachtung hat gezeigt, dafs die Strahlen, sobald sie der Axe parallel sind, nicht blofs gleiche Richtung haben, sondern auch den Krystall mit gleicher Geschwindigkeit durchlaufen; und dagegen, dafs wenn sie auf der Axe senkrecht stehen, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit verschieden ist, obgleich sie noch denselben Weg zusammen gehen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der gewöhnlichen Strahlen ist nach allen Richtungen gleich, und eben deshalb folgen diese den gewöhnlichen Gesetzen der Refraction. Die Geschwindigkeit der ungewöhnlichen Strahlen dagegen ist veränderlich nach dem Winkel, den sie mit der Axe machen. Diese Geschwindigkeit leitet man im Undulationssysteme, wie im Emissionssysteme, von der Brechung ab, welche die Strahlen, unter schiefen Incidenzen, bei ihrem Ein- und Austritt erleiden, wodurch man das Verhältnifs des Sinus der Incidenz zu dem der Refraction findet. Die Versuche über den Kalkspath von Huyghens, Wollaston und Malus, und die zahlreichen Beobachtungen über den Bergkrystall von Biot, welcher dabei die Winkelmessungen der doppelten Strahlenbrechung auf einen hohen Grad der Genauigkeit gebracht hat, beweisen, dafs der Unterschied zwischen den Quadraten der Geschwindigkeiten, mit denen sich die gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen fortpflanzen, proportional ist dem Quadrate des Sinus von dem Winkel, welchen die Richtung der letzteren mit der Axe bilden, wenn man, wie es der berühmte Verfasser der Mechanik des Himmels gethan, die Geschwindigkeit im Sinne des Emissionssystems berechnet. In der Undulationstheorie sind es dagegen die Quotienten aus der Division der Eins durch dieselben Quadrate, zwischen denen diese Beziehung statt findet; denn die Geschwin-

digkeiten verhalten sich in den beiden Systemen immer umgekehrt zu einander.

Dieses wichtige Gesetz, dessen Entdeckung man dem Scharfblicke Huyghens verdankt, stellt uns gleichsam als Folgerungen die Thatsachen auf, welche wir so eben auseinandergesetzt haben. Die beiden Strahlengattungen haben nämlich in Richtung der Axe gleiche Geschwindigkeit, weil hiebei jener Sinus Null ist; und der Geschwindigkeitsunterschied wächst allmälig mit diesem Sinus, so wie die Strahlen sich von der Axe entfernen, bis sie senkrecht gegen dieselbe sind, in welcher Richtung der Unterschied sein Maximum erreicht.

Dieser Geschwindigkeitsunterschied ist in gewissen Krystallen positiv und in anderen negativ, d. h. in einigen gehen die gewöhnlichen Strahlen schneller als die ungewöhnlichen, und in anderen umgekehrt die ungewöhnlichen schneller als die gewöhnlichen. Der kohlensaure Kalk oder der Kalkspath giebt ein Beispiel vom ersten Falle, und der Bergkrystall eins vom letzen.

Diefs ist ein kurzer Abrifs der Hauptsätze, die bei dem Gange der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen in den Krystallen vorkommen. Kehren wir jetzt zu den physischen Eigenschaften zurück, welche sie zeigen, wenn man sie nach ihrem Austritt aus dem ersten Krystall durch einen zweiten gehen läfst, der wie jener im Stande ist das Licht deutlich in zwei Bündel zu zertheilen *).

Betrachten wir nach einander jeden der beiden Bündel, welche aus dem ersten Kalkspathrhomboëder treten, und zunächst denjenigen, welcher gewöhnlich gebrochen wird. Die beiden neuen Bündel, welche dieser beim

*) Ich werde künftig den, von der Emissionstheorie entlehnten Ausdruck *Lichtbündel* gebrauchen, um damit im Allgemeinen ein Wellensystem zu bezeichnen, welches sich von andern durch seine Richtung oder nur einfach durch seine Geschwindigkeit unterscheidet.

Durchgange durch das zweite Rhomboëder erzeugt, sind nur dann von gleicher Intensität, wenn der Hauptschnitt des zweiten Krystalls einen Winkel von 45° mit dem des ersten macht. Bei jeder andern Lage haben die beiden Bündel oder die beiden Bilder, welche sie erzeugen, ungleiche Intensitäten; und das eine von ihnen verschwindet sogar gänzlich, wenn der Hauptschnitt des zweiten Rhomboëders dem des ersten parallel ist oder auf ihm senkrecht steht. Wenn er jenem parallel ist, verschwindet das ungewöhnliche Bild, und zugleich erlangt das gewöhnliche Bild das Maximum seines Glanzes; steht aber der Hauptschnitt des zweiten Rhomboëders senkrecht auf dem des ersten, so verschwindet dagegen das gewöhnliche Bild, und das ungewöhnliche Bild erreicht sein Maximum. Der ungewöhnliche Strahl, welcher zum ersten Rhomboëder hinausgetreten ist, zeigt beim Durchgange durch das zweite, die umgekehrten Erscheinungen. Sein gewöhnliches Bild wird Null, wenn der Hauptschnitt des zweiten Krystalls dem des ersten parallel ist; und es erreicht dagegen sein Maximum, wenn der Hauptschnitt des zweiten Krystalls senkrecht auf dem des ersten steht, wobei zugleich das ungewöhnliche Bild verschwindet.

Man sieht also, dafs jeder, durch eine der beiden Refractionen des ersten Krystalls erzeugte Lichtbündel, sich im Allgemeinen zwischen den beiden Refractionen im zweiten Krystalle theilt, aber in ungleiche Theile, wenn nicht der Hauptschnitt des zweiten Krystalls einen Winkel von 45° mit dem des ersten macht; dafs er nur eine einzige Refraction in dem zweiten Krystall erleidet, wenn dessen Hauptschnitt dem des ersten parallel ist oder senkrecht auf ihm steht, und dafs diese neue Refraction in dem ersten Falle von gleicher, in dem zweiten aber von entgegengesetzter Art ist.

Es geht aus diesen Thatsachen hervor, dafs die beiden, durch die doppelte Refraction erzeugten Bündel nicht ringsum ihre Richtung dieselben optischen Eigenschaften

besitzen, weil sie bald die gewöhnliche, bald die ungewöhnliche Refraction erleiden, je nachdem der Hauptschnitt des zweiten Krystalls parallel einer gewissen Ebene oder senkrecht gegen dieselbe ist. Wenn man also senkrecht gegen die Strahlen gerade Linien nach diesen Ebenen zieht, und man annimmt, dafs sie von dem Wellensystem bei seinem Gange fortgeführt werden, so zeigen sie die beiden Richtungen an, in welchen die Strahlen entgegengesetzte optische Eigenschaften darbieten.

Malus hat dieser sonderbaren Modification des Lichts den Namen Polarisation gegeben, und zwar nach einer Hypothese, die Newton erdacht hat, um das Phänomen zu erklären. Dieser grofse Mathematiker nämlich nahm an, dafs die Lichttheilchen zwei Arten von Polen oder vielmehr von Seiten hätten, die mit verschiedenen physischen Eigenschaften versehen wären; dafs in dem gewöhnlichen Lichte die Seiten derselben Art an den verschiedenen Lichttheilchen nach allen möglichen Richtungen lägen; dafs aber durch die Wirkung des Krystalls die einen parallel dem Hauptschnitt und die andern senkrecht gegen denselben gedreht würden, und dafs die Refractionsart, welche die Lichttheilchen erleiden, davon abhange, nach welcher Richtung ihre Seiten in Bezug auf den Hauptschnitt gedreht worden seyn. Man begreift, dafs sich wirklich nach dieser Hypothese die Thatsachen darstellen lassen. Ohne mich darauf einzulassen, diese durchzugehen und die Schwierigkeiten, ich möchte sagen, die Widersprüche, zu welchen sie bei einer tieferen Untersuchung führt, zu erweisen, bemerke ich blofs, dafs sich die Verschiedenheit, welche die beiden durch die doppelte Refraction getrennten Bündel nach rechtwinklichen Richtungen in ihren optischen Eigenschaften zeigen, auch durch die Annahme erklären läfst, dafs in den Wellen *transversale* Bewegungen statt finden *), die nach den beiden Rich-

*) Transversale Oscillationsbewegungen der Aethertheilchen nenne ich diejenigen, welche senkrecht gegen die Richtung der Strahlen vollführt werden.

tungen nicht dieselben seyen. Entsagen wir indefs für jetzt jeder theoretischen Ansicht, und folgen dem Studium der Thatsachen.

Nicht blofs bei seinem Durchgange durch einen Krystall, der es in zwei deutliche Bündel theilt, erhält das Licht diese sonderbare Modification, vielmehr kann es schon durch blofse Reflexion an der Oberfläche durchsichtiger Körper polarisirt werden, wie es Malus zuerst entdeckt hat. Läfst man auf ein unbelegtes Spiegelglas einen Bündel directen Lichtes unter ungefähr einen Winkel von 35°, gerechnet von der Oberfläche, fallen, und hält man ein Kalkspathrhomboëder gegen den reflectirten Strahl, so bemerkt man, dafs die beiden Bündel, in die er beim Durchgange durch den Krystall getheilt worden ist, nur dann eine gleiche Intensität besitzen, wenn der Hauptschnitt des Rhomboëders mit der Ebene der Reflexion einen Winkel von 45° macht; und dafs, bei allen anderen Richtungen des Hauptschnitts die Intensität der Bilder ungleich ist, und zwar um so ungleicher, je mehr sich der Hauptschnitt von dem Winkel von 45° entfernt, so dafs endlich, wenn dieser der Reflexionsebene parallel ist oder senkrecht auf derselben steht, eins der beiden Bilder verschwindet, im ersten Fall das ungewöhnliche, im letzteren das gewöhnliche Bild.

Man sieht also, dafs das vom Glase unter einer Neigung von 35° reflectirte Licht sich genau so verhält, wie der gewöhnliche Lichtbündel, der aus einem Rhomboëder tritt, dessen Hauptschnitt parallel liegt mit der Reflexionsebene. Man sagt vom reflectirten Lichtbündel, *dafs er nach der Reflexionsebene polarisirt sey*, und eben so von dem aus einem Rhomboëder tretenden gewöhnlichen Strahl: *dafs er nach der Ebene des Hauptschnitts dieses Krystalles polarisirt sey*. Man mufs also auch sagen: dafs der ungewöhnliche Strahl senkrecht gegen den Hauptschnitt polarisirt sey, weil er in dieser Richtung dieselben Ei-

Eigenschaften darbietet, wie der gewöhnliche Strahl in der Ebene des Hauptschnitts.

Die vollständige Polarisation des Lichts stellt sich bei der Reflexion an einer Wasserfläche unter der Neigung von 37° ein, und überhaupt an der Oberfläche durchsichtiger Körper unter einer solchen Neigung, dafs der zurückgeworfene Strahl senkrecht steht auf dem gebrochenen. Die Entdeckung dieses merkwürdigen Gesetzes verdankt man dem Dr. Brewster. Ob es ein strenges, oder nur ein annäherndes Gesetz sey? — Diese Frage ist schwer zu entscheiden; aber die zweite Annahme scheint die wahrscheinlichere zu seyn.

Bei andern Einfallswinkeln ist die Polarisation nur partiell, d. h. man sieht beim Drehen des Rhomboëders niemals eins der Bilder völlig verschwinden. Zwar gehen sie dabei durch verschiedene Grade der Helligkeit; aber die *Minima* ihrer Intensität, welche immer denselben Richtungen des Hauptschnitts entsprechen, sind nicht mehr gleich Null. Wenn endlich die einfallenden Strahlen senkrecht auf der Fläche stehen, oder derselben fast parallel sind, so zeigt das reflectirte Bild keine Spur mehr von Polarisation, d. h. die beiden Bilder sind bei allen Lagen des Rhomboëders stets von gleicher Intensität.

Mehrere undurchsichtige Körper, die nicht sehr lichtbrechend sind, wie z. B. Marmor, schwarze Firnisse u. s. w., können den Strahlen, die sie an ihrer Oberfläche reflectiren, ebenfalls eine vollständige Polarisation mittheilen; während andere ganz oder halbdurchsichtige Körper, die sehr starke Brechkraft besitzen, wie z. B. Diamant und Spiefsglanzglas, sie niemals vollkommen polarisiren. Besonders aber sind es die Metalle, welche das von ihnen reflectirte Licht, selbst unter den günstigsten Einfallswinkeln, sehr wenig polarisiren. Auch ist zu bemerken, dafs die Incidenzen, welche dem Maximum der Polarisation entsprechen, sich um so mehr der Oberfläche nähern,

je lichtbrechender der reflectirende Körper ist; wenigstens kann man diefs aus der Menge von Licht schliefsen, die er reflectirt, wenn er wie die Metalle ganz undurchsichtig ist.

Die durchsichtigen Körper polarisiren das Licht nicht blofs durch Reflexion, sondern auch durch Refraction, und um so mehr, je stärker ihre Oberfläche gegen die Strahlen geneigt ist. Allein niemals wird auf diese Art das Licht vollkommen polarisirt, es sey denn, dafs man es successiv durch mehrere parallele Platten gehen lasse, und auch von diesen werden um so mehr erfordert, je weniger sie gegen die einfallenden Strahlen neigen. Malus, dem man die Entdeckung dieser Polarisationsart verdankt, hat gezeigt, dafs die durchgelassenen Strahlen in einer Richtung polarisirt sind, welche gegen die Polarisationsebene der reflectirten Strahlen senkrecht liegt; die ersteren nämlich sind parallel der Einfallsebene polarisirt, und die letzteren senkrecht gegen diese Ebene. Durch sinnreiche, eine sehr genaue Beobachtung gestattende Versuche hat Hr. Arago gefunden, dafs die Lichtmenge, welche an der Oberfläche eines durchsichtigen Körpers durch Reflexion polarisirt wird, immer derjenigen gleich ist, welche zugleich durch Refraction polarisirt wird. Man kann diesen Satz verallgemeinern, und sagen, dafs allemal, wenn sich das Licht in zwei Bündel zertheilt (ohne dafs eine Absorbtion statt findet) die nämliche Lichtmenge, die in dem einen polarisirt ist, sich in dem andern in senkrechter Richtung darauf polarisirt befindet.

Nachdem wir die Hauptsätze der Polarisation studirt haben, wollen wir uns jetzt mit den besonderen Erscheinungen beschäftigen, welche das polarisirte Licht darbietet, wenn man es auf die Oberfläche durchsichtiger Körper fallen läfst; auch hier ist es Malus, dem wir diese wichtigen Entdeckungen verdanken. Wir haben gesehen, dafs das Licht, welches unter einem Winkel von 35° an einem unbelegten Spiegelglase reflectirt wird, vollstän-

dig polarisirt ist. Diese Eigenschaft mufs allgemein seyn und unabhängig von den Modificationen, die das einfallende Licht etwa früher erlitten hat; und wirklich findet sich das nach irgend einer Ebene polarisirte Licht, wie das gewöhnliche Licht, nach dieser Reflexion vollständig nach der Einfallsebene polarisirt. Nun haben wir bemerkt, dafs ein polarisirter Lichtbündel bei dem Durchgange durch ein Kalkspathrhomboëder, dessen Hauptschnitt parallel oder senkrecht gegen die Polarisationsebene liegt, nur ein Bild giebt, ein gewöhnliches im ersten und ein ungewöhnliches im zweiten Fall, d. h. immer dasjenige Bild, dessen Polarisationsebene mit der seinigen zusammenfällt. Ein nach einer Ebene polarisirter Lichtbündel kann also durch unmittelbare Theilung kein senkrecht gegen diese Ebene polarisirtes Licht geben. Diesen Satz verallgemeinernd, kann man aus ihm schliefsen, dafs ein polarisirter Lichtbündel, der unter einem Winkel von 35° auf ein unbelegtes Glas fällt und zwar so, dafs die Einfallsebene senkrecht gegen seine Polarisationsebene liegt, kein nach der Einfallsebene polarisirtes Licht liefern könne, weil diese Ebene senkrecht liegt gegen seine Polarisationsebene. Nun aber sind die unter einem Winkel von 35° reflectirten Strahlen stets nach der Einfallsebene polarisirt; folglich kann der einfallende Strahl, der senkrecht gegen diese Ebene polarisirt ist, nichts bei der Reflexion geben. Diese Folgerung ist durch die schönen Versuche von Malus bestätigt worden; in dem erwähnten Falle wird das Licht nicht mehr reflectirt, sondern gänzlich durchgelassen. Wenn man aber, ohne die Neigung des Glases zu ändern, dasselbe um den einfallenden Lichtbündel dreht, so dafs die Reflexionsebene successiv nach allen Azimuthen *) gerichtet wird, so bemerkt man, dafs

*) Den Namen *Azimuth* giebt man in der Beschreibung der Polarisationserscheinungen den Winkeln, welche die durch den Lichtstrahl gelegten Ebenen nach allen Richtungen mit der ursprünglichen Polarisationsebene machen. Der Name ist aus der

das reflectirte Licht wieder zum Vorschein kommt, in dem Maafse als die Reflexionsebene sich von der Ebene, die gegen die der ursprünglichen Polarisation senkrecht steht, entfernt. Anfangs ist es sehr schwach, aber es nimmt zu, so wie die Reflexionsebene sich mehr entfernt, und, wenn diese der ursprünglichen Polarisationsebene parallel ist, erreicht es sein Maximum. Darauf nimmt das polarisirte Licht in demselben Grade wieder ab, und wird endlich abermals Null, wenn die Einfallsebene wiederum senkrecht steht gegen die ursprüngliche Polarisationsebene.

Man sieht, dafs diese Erscheinungen durchaus denen analog sind, welche wir bei jedem der beiden Bilder eines polarisirten Lichtbündels beobachtet haben, wenn dieser durch ein Kalkspathrhomboëder geht, das man umdreht. Auch hat Malus die Variationen der Intensität dieser Bilder und des reflectirten Lichtes in den beiden Fällen durch dieselbe Formel dargestellt. Nennt man i den Winkel, welchen die ursprüngliche Polarisationsebene mit der Reflexionsebene macht, oder mit der Ebene, nach welcher die doppelte Refraction das beobachtete Bild polarisirt, so wird die Intensität dieses Bildes oder jenes des reflectirten Lichtes dargestellt durch $cos^2 i$, multiplicirt mit seinem Maximum der Intensität, welches wir hier zur Einheit nehmen.

Prüfen wir diese Formel für den Fall, wo der polarisirte Lichtbündel durch ein Kalkspathrhomboëder geht. Es heifse i der Winkel, welchen die Polarisationsebene des gewöhnlichen Bildes, d. h. der Hauptschnitt des Krystalls, mit der ursprünglichen Polarisationsebene bildet; dann ist $90^0 - i$ der Winkel, den letztere mit der Polarisationsebene des ungewöhnlichen Bildes macht; folglich wird $cos^2 i$ die Intensität des gewöhnlichen Bildes, und $cos^2(90^0 - i)$ oder $sin^2 i$ die Intensität des unge-

Astronomie entlehnt, wo er die Winkel bezeichnet, welche die vertikalen, gegen verschiedene Punkte des Horizonts gerichtete Ebenen mit dem Meridian bilden.

wöhnlichen Bildes vorstellen. Wenn i gleich Null ist, wird es $sin^2 i$ ebenfalls seyn, d. h. wenn der Hauptschnitt mit der ursprünglichen Polarisationsebene zusammenfällt, wird das ungewöhnliche Bild verschwinden und alles Licht in das gewöhnliche Bild übergehen, weil alsdann $cos^2 i = 1$ ist. Wenn $i = 45^0$ ist, werden $sin^2 i$ und $cos^2 i$ beide gleich $\frac{1}{2}$, und die beiden Bilder haben gleiche Intensität. Endlich, wenn $i = 90^0$ ist, hat man $sin^2 i = 1$ und $cos^2 i = 0$; dieſs will sagen, daſs das gewöhnliche Bild verschwindet und alles Licht zum ungewöhnlichen Bilde übergeht. Dieselben Erscheinungen wiederholen sich in den übrigen Quadranten. Man sieht also, daſs diese Folgerungen aus der Formel mit der Erfahrung übereinstimmen. Zum gehörigen Beweise dieser Formel, würde es nöthig seyn, sie direct für die intermediären Werthe von i zu bestätigen; sie hat indeſs in diesem Fall mehrere indirecte Proben bestanden, die, obgleich nicht entscheidend, doch die Wahrscheinlichkeit für ihre Genauigkeit erhöhen. Ueberdieſs scheinen Analogie und sehr annehmbare mechanische Betrachtungen anzudeuten, daſs sie streng genau sey.

Als wir die Hauptprincipien der Wellentheorie auseinandersetzten, zeigten wir, daſs die Intensität des Lichtes gleich ist der Summe der lebenden Kräfte in einer Welle, oder einfacher, für ein und dasselbe Mittel, gleich ist der Summe der Quadrate der Geschwindigkeiten der verschiedenen Punkte einer Welle, und daſs sie folglich dargestellt werden kann durch das Quadrat des gemeinschaftlichen Coëfficienten dieser Geschwindigkeiten. So ist, da $\cos^2 i$ die Intensität des Lichts im gewöhnlichen Bilde bezeichnet, $\cos i$ der gemeinschaftliche Coëfficient der Oscillationsgeschwindigkeiten in diesem Bilde und der Ausdruck für ihre Intensität; und eben so, da $\sin^2 i$ die Intensität des Lichts im ungewöhnlichen Bilde ist, bezeichnet $\sin i$ die Intensität der Oscillationsgeschwindigkeiten in dem Wellensysteme, welches die ungewöhnliche Refraction erleidet. Wir sehen also, daſs die Zer-

legung der Oscillationsgeschwindigkeiten des ursprünglich polarisirten Lichtbündels, welcher sich bei seinem Durchgange durch den Krystall in zwei andere zerspaltet, sich genau eben so macht, als wenn seine Oscillationsbewegungen, statt den Strahlen parallel zu seyn, in einer gegen diese senkrechten Richtung, und parallel oder senkrecht gegen die Polarisationsebene ausgeführt würden, denn alsdann sind die beiden Seiten-Geschwindigkeiten ebenfalls $\sin i$ und $\cos i$ proportional, nach dem Principe der Zusammensetzung und Zerlegung der kleinen Bewegung eines Fluidums, welche sich auf gleiche Art wie die der Kräfte in der Statik bewerkstelligen lassen mufs. Das Malus'sche Gesetz scheint also anzudeuten, dafs die Oscillationsbewegungen der Aethertheilchen senkrecht gegen die Strahlen ausgeführt werden; und diese Hypothese wird noch wahrscheinlicher durch andere merkwürdige Eigenschaften des polarisirten Lichts, welche wir jetzt kennen lernen wollen.

Als ich mit Hrn. Arago die Interferenzen der polarisirten Strahlen untersuchte, fanden wir, dafs sie keinen Einflufs mehr auf einander ausüben, wenn ihre Polarisationsebenen senkrecht gegen einander sind, d. h. dafs sie alsdann keine Fransen mehr erzeugen, wenn gleich alle Bedingungen, die sonst zu deren Entstehung erfordert werden, auf das sorgfältigste erfüllt sind. Ich werde drei Hauptversuche anführen, durch welche wir diese Thatsache ausgemittelt haben, und zwar den zuerst, welcher Hrn. Arago gehört.

Dieser Versuch besteht darin, dafs wenn man zwei Lichtbündel, die von einem und demselben leuchtenden Punkte kommen und durch zwei parallele Schlitze geführt sind, durch zwei Säulen von sehr dünnen, durchsichtigen Blättchen, z. B. von Glimmer- oder Glasblättchen, gehen läfst, und diese Säulen so gegen einander neigt, dafs jeder der beiden Lichtbündel fast vollständig polarisirt wird, was geschieht, wenn man dafür sorgt, dafs

die beiden Ebenen, nach welchen man die Säulen neigt, senkrecht gegen einander sind. Dann erblickt man keine Fransen mehr, mit welcher Sorgfalt man übrigens auch, durch sorgfältiges Neigen der einen Säule, die Unterschiede in dem Gange der Lichtbündel zu compressiren versucht *). Dagegen kommen die Fransen immer wieder zum Vorschein, so wie die Einfallsebenen der Säulen nicht mehr senkrecht auf einander sind. In dem Maafse, als diese Ebenen sich von ihrem Parallelismus entfernen, werden die Fransen schwächer, und endlich verschwinden sie ganz, wenn die Ebenen unter sich rechtwinklig sind, und übrigens die Polarisation der beiden Bündel vollständig genug gewesen ist. Es folgt aus diesem Versuche, dafs die nach parallelen Ebenen polarisirten Strahlen auf einander einwirken, wie die Strahlen des nicht modificirten Lichts; dafs aber diese Einwirkung abnimmt, so wie die Polarisationsebenen gegen einander neigen, und Null wird, wenn diese unter sich senkrecht sind.

Hier einen zweiten Versuch, der zu denselben Folgerungen führt. Man nehme eine Platte Gyps **) oder Bergkrystall, die parallel mit der Axe geschnitten ist und eine recht gleichförmige Dicke hat. Man schneide sie in zwei Stücke und bringe jede Hälfte vor einen der

*) Man kann denselben Versuch auch mit dickeren, z. B. einen Millimeter dicken Glasplatten anstellen, die zum gehörigen Parallelismus ihrer Flächen mit Sorgfalt geschliffen und polirt sind, und die man darauf in zwei Stücke zerschneidet, um daraus Säulen von gleicher Dicke zu bilden. Nur mufs man dann die Säulen weit langsamer in ihrer Neigung ändern, um sicher zu seyn, dafs man keine Fransen unbemerkt vorübergehen lasse.

**) Obgleich der Gyps ein zweiaxiger Krystall ist, wie es der Dr. Brewster gezeigt hat, so haben doch die Blättchen, in die er sich natürlich zertheilt und die der Ebene der beiden Axen parallel sind, dieselbe Wirkung auf die senkrecht einfallenden Strahlen, als wenn sie nach der mittleren Richtung nur eine Axe besäfsen. Hier betrachte ich nur diese Richtung und nenne sie die Axe des Krystalls.

Schlitze, die in einem Schirm gemacht sind. Ich nehme an, man habe diese beiden Hälften so gedreht, dafs die Ränder, welche vor der Zerschneidung zusammenstiefsen, parallel geblieben sind; die Axen werden dann ebenfalls parallel seyn. In diesem Falle erblickt man in der Mitte des erhellten Raumes nur eine Gruppe von Fransen, wie vor der Zerschneidung der Platte. Wenn man aber die eine ihrer Hälften in ihrer Ebene dreht und dadurch den Parallelismus ihrer Axen stört, so entstehen zwei andere, weit schwächere Gruppen von Fransen, die eine rechts, die andere links von der mittleren Gruppe, und beide, im weifsen Lichte, vollständig von derselben geschieden, sobald die Bergkrystall- oder Gypsplatten, deren man sich bedient, nur einen Millimeter dick sind. Es ist zu bemerken, dafs die Zahl von Fransen-Breiten, um welche die Mitte einer dieser Gruppen von der Mitte der mittleren Gruppe absteht, proportional ist der Dicke der Platten, falls die Krystalle von gleicher Natur sind, oder ihre doppelte Strahlenbrechung gleiche Stärke hat, wie der Bergkrystall und der Gyps. In dem Maafse als der Winkel zwischen beiden Axen wächst, treten diese neuen Gruppen von Fransen mehr hervor, und sie erreichen endlich das Maximum ihrer Intensität, wenn die Axen der beiden Platten gegen einander senkrecht stehen. Alsdann ist die mittlere Gruppe, welche zuvor stufenweise abnahm, gänzlich verschwunden, und durch ein gleichförmiges Licht ersetzt. Hieraus mufs man schliefsen, dafs die Strahlen, welche durch ihre Interferenzen diese Gruppe erzeugten, nicht mehr fähig sind auf einander einzuwirken. Aus der Lage dieser Fransen ist leicht zu ersehen, dafs sie aus der Interferenz der Strahlen entstanden sind, die in den beiden Platten dieselbe Art von Refraction erlitten haben, weil sie dieselben mit gleicher Geschwindigkeit durchlaufen haben, und folglich in der Mitte des erhellten Raumes, welcher gleichen Wegen entspricht, zu gleicher Zeit erlangen müssen;

vorausgesetzt übrigens, wie es hier der Fall ist, dafs die Platten gleiche Dicke besitzen und beide senkrecht gegen die Strahlen bleiben. Die Fransen der mittleren Gruppen müssen also aus der Uebereinanderlage derjenigen gebildet seyn, welche entstehen: 1) aus der Interferenz der gewöhnlichen Strahlen der Platte zur Linken mit den gewöhnlichen Strahlen der Platte zur Rechten, 2) aus der Interferenz der ungewöhnlichen Strahlen der ersten Platte mit den ungewöhnlichen Strahlen der letzteren Platte. Die beiden seitwärts liegenden Gruppen entstehen dagegen aus der Interferenz der Strahlen, welche ungleiche Refractionen in den beiden Platten sind erlitten haben; und da es die gewöhnlichen Strahlen sind, die im Bergkrystall oder im Gyps einen schnelleren Gang haben, so sieht man, dafs bei Anwendung einer dieser Krystallgattungen, die Gruppe zur Linken aus der Vereinigung der ungewöhnlichen Strahlen der linken Platte mit den gewöhnlichen Strahlen der rechten Platte gebildet seyn mufs, und die Gruppe zur Rechten aus der Vereinigung der ungewöhnlichen Strahlen der rechten Platte mit den gewöhnlichen Strahlen der linken Platte. Diefs vorausgesetzt, handelt es sich nun darum, die Richtung der Polarisation eines jeden der sich interferirenden Lichtbündels zu bestimmen, um daraus abzuleiten, welche relative Lagen der Polarisationsebenen ihre gegenseitige Einwirkung begünstigen oder verhindern. Die Analogie deutet darauf, dafs die Polarisationsart des Lichts in den dünnen Platten dieselbe seyn müsse wie in Krystallen, die so dick sind, dafs sie das Licht in zwei deutliche Bündel theilen. Da aber diese Hypothese nicht einwurfsfrei ist, und selbst einer sinnreichen Hypothese eines unserer berühmtesten Physikers widerspricht, so werden wir sie zunächst nicht als erwiesen hinstellen, sondern uns zu einem directen Versuche wenden, um die Polarisationsebenen der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen, die zu diesen Platten heraustreten, zu bestimmen.

Die Dicke dieser Platten haben wir zu einem oder zwei Millimeter angenommen. Diese Dicke ist hinreichend, um einen ihrer Ränder keilförmig zu schleifen, und durch diese prismatische Form eine Trennung der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen zu erhalten. Alsdann erkennt man, dafs sie wirklich polarisirt sind, die ersteren nach dem Hauptschnitt und die andern nach einer Richtung senkrecht darauf. Wenn man diefs noch nicht als einen hinlänglichen Beweis ansähe, dafs ihre Polarisation auch beim Austritt aus einer Lamelle mit parallelen Flächen, von gleicher Art sey, so würde man einen ferneren Beweis in den Thatsachen finden, welche wir so eben beschrieben, als wir von den durch Hrn. Arago's Versuch aufgestellten Principien ausgingen, die überdiefs völlig bestätigt werden durch die, von denen wir bald sprechen. Wenn man dagegen die Polarisationsrichtung der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen nicht mehr in Frage stellt, so wird der gegenwärtige Versuch ein zweiter Beweis von jenen Principien. In der That, lagen die Axen der Lamellen einander parallel, so waren die Strahlen, welche in diesen beiden Krystallen dieselben Refractionen erlitten hatten, nach derselben Richtung polarisirt, und die von ungleichen Refractionen, nach rechtwinkligen Richtungen; daraus erhellt, weshalb die Fransen-Gruppe in der Mitte, die von der Interferenz der gleichnamigen Strahlen herrührte, das Maximum ihrer Intensität besafs, und die beiden andern, welche aus der Interferenz der ungleichnamigen Strahlen entstanden, noch nicht zum Vorschein kamen. Als aber die Axen der beiden Lamellen einen schiefen Winkel, z. B. einen von 45°, bildeten, so konnten die ungleichnamigen und gleichnamigen Strahlen nicht gleichzeitig auf einander einwirken, weil ihre Polarisationsebenen nicht mehr rechtwinklig auf einander waren, und so entstanden die drei Gruppen von Fransen. Als endlich die Axen senkrecht auf einander zu stehen kamen, so waren

die gleichnamigen Strahlen nach rechtwinkligen Richtungen polarisirt, und die mittlere Gruppe, welche sie früher hervorbrachten, verschwand; dagegen waren die gewöhnlichen Strahlen der linken Platte alsdann parallel polarisirt mit den ungewöhnlichen Strahlen der rechten Platte, und diefs bewirkte, dafs die Gruppe zur Rechten, welche durch sie entstand, das Maximum ihrer Intensität erreichte. Dasselbe gilt von der Gruppe zur Linken; sie entstand aus der Interferenz der gewöhnlichen Strahlen der rechten Platte mit den ungewöhnlichen Strahlen der linken Platte.

Jetzt noch einen dritten Versuch, der die aus dem ersten gezogenen Folgerungen ebenfalls bestätigt. Nachdem ich ein Kalkspathrhomboëder auf zwei gegenüberliegenden Flächen, recht sorgfältig und recht parallel geschliffen, zerschnitt ich ihn senkrecht gegen diese Flächen, so dafs ich zwei Rhomboëder von gleicher Dicke erhielt, in denen die gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen, unter denselben Einfallswinkeln, genau denselben Gang haben mufsten. Ich stellte den einen vor dem andern auf, so dafs die von den Lichtpunkt ausgesandten Strahlen, nach dem Durchgange durch das erste Rhomboëder auch das zweite durchlaufen mufsten, und trug dabei Sorge, dafs die Flächen beider senkrecht waren gegen die Richtung der einfallenden Strahlen. Ueberdiefs lag der Hauptschnitt des zweiten Rhomboëders senkrecht gegen den des ersten, so dafs die vier Bilder, welche sie im Allgemeinen erzeugen, auf zwei zurückgeführt waren. Der gewöhnliche Bündel des ersten Rhomboëders wurde in dem zweiten ungewöhnlich gebrochen, und der ungewöhnliche des ersten gewöhnlich in dem zweiten. Aus dieser Anordnung ging hervor, dafs die Unterschiede in dem Gange, welche von dem Unterschiede in der Geschwindigkeit der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen entstanden, bei den beiden austretenden Lichtbündeln compensirt waren. Sie schnitten sich überdiefs unter einem

sehr kleinen Winkel, und zwar unter einem solchen, dafs die Fransen weit breiter seyn mufsten, als zu ihrer Wahrnehmung erforderlich war. Und doch, obgleich alle Bedingungen, welche unter den gewöhnlichen Umständen zur Entstehung der Fransen nöthig sind, sorgfältig beobachtet waren, konnte ich sie niemals hervorbringen. Während ich sie, eine Lupe vor das Auge haltend, sorgfältig aufsuchte, änderte ich langsam die Richtung des einen Rhomboëders, indem ich es bald nach der Rechten, bald nach der Linken abbog, um die Wirkungen, die aus einer etwaigen Ungleichheit in der Dicke entstanden seyn konnten, zu compensiren. Aber ungeachtet diefs oftmals wiederholt wurde, konnte ich keine Fransen erblicken; diefs darf nach dem, was uns die übrigen Versuche gelehrt haben, nicht mehr in Verwunderung setzen, da die beiden austretenden Lichtbündel rechtwinklig auf einander polarisirt waren. Dafs übrigens die Abwesenheit der Fransen nicht etwa davon herrührte, dafs es durch Probiren schwierig war, eine genaue Compensation zu erlangen, ward dadurch bewiesen, dafs es mir leicht gelang sie hervorzubringen, wenn ich Licht anwandte, welches, vor seinem Eintritt in die Rhomboëder, polarisirt war, und welches ich nach seinem Austritt eine neue Polarisation erleiden liefs. Es ist mithin durch die beigebrachten Versuche völlig erwiesen, dafs die rechtwinklig auf einander polarisirten Strahlen keinen merklichen Einflufs auf einander ausüben, oder mit andern Worten, dafs ihre Vereinigung immer dieselbe Lichtstärke erzeugt, wie verschieden auch die beiden sich interferirenden Lichtwellen in ihrem Gange seyn mögen.

Eine andere merkwürdige Thatsache ist die, dafs wenn einmal die Strahlen nach rechtwinkligen Richtungen polarisirt sind, es zum Wiederhervortreten ihres gegenseitigen Einflusses nicht hinreicht, sie auf eine gemeinschaftliche Polarisationsebene zurückzuführen. Denn, wenn man bei dem Versuche des Hrn. Arago oder bei dem, welchen ich darauf beschrieben habe, die durch zwei

Schlitze eingetretenen und gegen einander rechtwinklig polarisirten Lichtstrahlen durch eine Säule von geneigten Glasplatten gehen läfst, so erblickt man keine Fransen, in welche Richtung man auch die Einfallsebene dieser Säule bringen mag. Statt einer solchen Säule kann man auch ein Kalkspathrhomboëder anwenden, dessen Hauptschnitt man unter einem Winkel von 45° gegen die Polarisationsebenen der beiden einfallenden Strahlen neigt, so dafs er den Winkel zwischen diesen zu gleichen Theilen halbirt und jedes Bild die Hälfte von jedem Lichtbündel enthält. Da in demselben Bilde die beiden Hälften dieselbe Polarisationsebene besitzen, so müfsten darin Fransen enstehen, wenn die Zurückführung der Strahlen auf eine gemeinschaftliche Polarisationsebene hinreichend wäre, um sichtbare Wirkungen ihres gegenseigen Einflusses wieder herzustellen. Aber niemals erhält man Fransen durch dieses Mittel, sobald nicht die Strahlen, vor ihrer Zertheilung in zwei rechtwinklig polarisirte Lichtbündel, nach einer und derselben Ebene polarisirt worden sind.

Wenn dagegen das Licht zuvor diese Polarisation erlitten hat, bringt die Zwischensetzung des Rhomboëders die Fransen wiederum zum Vorschein. Die vortheilhafteste Richtung, die man der ursprünglichen Polarisationsebene geben kann, ist die, durch welche der rechte Winkel zwischen den Ebenen, nach denen die beiden Bündel hernach porlarisirt werden, in zwei gleiche Theile getheilt wird, weil alsdann das einfallende Licht sich gleichmäfsig unter diese Bündel vertheilt. Nimmt man zu gröfserer Bestimmtheit an, dafs die Ebene der ursprünglichen Polarisation horizontal liege, so müssen die Ebenen, nach denen jeder der beiden Bündel hernach polarisirt wird, einen Winkel von 45° mit der Horizontalebene machen, die eine oberhalb, die andere unterhalb derselben, so dafs sie rechtwinklig gegen einander bleiben. Man kann diese rechtwinkligen Polarisationen erhalten, entweder

durch zwei kleine Säulen, wie sie bei Hrn. Arago's Versuche angewandt wurden, oder mit zwei Krystallplatten, deren Axen rechtwinklig gegen einander gestellt sind, oder endlich mit einer einzigen Krystallplatte. Wir werden nur den letzten Fall betrachten, da die beiden andern durchaus analoge Phänomene darbieten.

Um das Licht in zwei Bündel zu zertheilen, die sich unter einem kleinen Winkel kreuzen, und also fähig sind Fransen hervorzubringen, ist im Allgemeinen der Apparat mit zwei Spiegeln dem Schirme mit zwei Schlitzen vorzuziehen, weil ersterer weit hellere Fransen liefert. Auch hat er darin den Vorzug, dafs er den beiden Bündeln, die zu unserm Versuche nöthige, vorherige Polarisation ertheilt. Hiezu reicht es hin, dafs die beiden Spiegel von unbelegtem Glase seyn und ungefähr unter 35° gegen die einfallenden Strahlen neigen; doch mufs man sie auf der Rückseite schwärzen, damit die zweite Reflexion zerstört wird. Nahe bei ihnen und senkrecht gegen die reflectirten Strahlen, stellt man eine Gyps- oder Bergkrystallplatte auf, die parallel der Krystallaxe geschnitten ist, eine Dicke von einem oder zwei Millimeter besitzt, und mit ihrem Hauptschnitt um 45° gegen die, als horizontal vorausgesetzte, Ebene der ursprünglichen Polarisation geneigt wird. Nach dieser Einrichtung des Apparats erblickt man durch die Platte, gleichwie ohne sie, nur eine Gruppe von Fransen, und zwar in derselben Lage. Wenn man aber vor die Lupe eine Säule von horizontal oder vertikal geneigten Glasplatten bringt, so wird man zu beiden Seiten der mittleren Gruppe eine andere Gruppe von Fransen erblicken, und zwar in einem um so gröfseren Abstande von dieser, je dicker die Krystallplatte ist. Nimmt man statt der Glassäule ein Kalkspathrhomboëder, dessen Hauptschnitt horizontal oder vertikal gestellt ist, so sieht man in jedem der beiden von ihm hervorgebrachten Bildern seitwärts die beiden Systeme von Fransen, welche durch die Zwischensetzung der Glas-

säule entstanden waren, und es ist zu bemerken, dafs diese beiden Bilder complementär zu einander sind, d. h. dafs die dunklen Streifen in dem einen, den hellen Streifen in dem andern entsprechen.

Wir sehen in diesem Versuche eine neue Bestätigung der Sätze, welche durch die vorhergehenden Versuche bewiesen sind. Die Strahlen, welche ungleichnamige Refractionen erlitten haben, können nicht auf einander einwirken, weil sie, in dem hier betrachteten Falle, bei ihrem Austritt aus einer und derselben Platte, sich rechtwinklig gegen einander polarisirt befinden, folglich die Gruppen zur Rechten und zur Linken nicht existiren können, es sey denn, man stellte den gegenseitigen Einflufs dieser Strahlen dadurch wieder her, dafs man sie auf eine gemeinschaftliche Polarisationsebene zurückführt. Diefs geschieht durch Zwischensetzung der Glassäule oder des Rhomboëders. Die alsdann erzeugten Fransen sind um so hervorstechender, je gleicher an Intensität die beiden zu ihrer Bildung beitragenden, ungleichnamigen Lichtbündel sind; und das ist der Grund, weshalb der Hauptschnitt des Rhomboëders sich in der vortheilhaftesten Stellung zur Erzeugung der Fransen befindet, wenn er mit der Axe der Krystallplatte einen Winkel von 45° bildet. Ist der Hauptschnitt des Rhomboëders dem in der Platte parallel oder senkrecht gegen denselben, so gehen die durch die Platte gewöhnlich gebrochenen Strahlen gänzlich in das eine Bild, anstatt sich unter beide zu vertheilen, und die ungewöhnlichen Strahlen gehen eben so zu dem andern Bilde über, so dafs keine Interferenz mehr zwischen ihnen statt finden kann, die Seiten-Gruppen verschwinden, und jedes Bild nur diejenigen Fransen zeigt, welche aus der Interferenz der gleichnamigen Strahlen entstehen, d. h. welche die mittlere Gruppe bilden.

Die beiden seitwärts liegenden Fransen-Gruppen, welche das polarisirte Licht bei der ersten Lage des Rhomboëders darbietet, liefern eins der vorzüglichsten Mittel,

die doppelte Refraction zu messen und deren Gesetze zu studiren. Ihre excentrische Lage nämlich ist Folge des Unterschiedes in dem Gange der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen, die zur Platte hinausgetreten sind. Aus der Zahl von Fransen-Breiten, um welche die Mitte der Gruppe zur Rechten von der Mitte der mittleren Gruppe absteht, kann man die Zahl von Undulationen herleiten, um welche die ungewöhnlichen Strahlen des Bündels zur Rechten gegen die gewöhnlichen Strahlen zur Linken zurückgeblieben sind. Noch besser läfst sich dieser Unterschied im Gange dadurch bestimmen, dafs man den Abstand zwischen den Mitten der beiden äufseren Gruppen mifst, welcher das Doppelte ihres Abstandes von der mittleren Gruppe ist. Weifses Licht ist hier am bequemsten anzuwenden, weil es erstlich das lebhafteste ist, und dann auch, den mittleren Streifen jeder Gruppe am leichtesten erkennen läfst *). Vergleicht man hierauf die Dicke der Platte mit dem beobachteten Unterschied im Gange, so ergiebt sich daraus das Verhältnifs zwischen den Geschwindigkeiten der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen.

Mit dem so eben beschriebenen Apparate haben wir, Hr. Arago und ich, einen derartigen Versuch mit einer, der Axe parallel geschnittenen, Bergkrystallplatte gemacht, und dadurch denselben Unterschied zwischen der Geschwindigkeit der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen gefunden, wie Hr. Biot durch directe Beobachtung des Winkels der Divergenz dieser Strahlen in einem Prisma von Bergkrystall. Das Verfahren von Hrn. Biot steht dem unsrigen an Genauigkeit nicht nach, sobald es sich dar-

*) Streng genommen ist es alsdann nur die doppelte Refraction der hellsten Strahlen, nämlich der gelben, welche man mifst; aber diefs ist gerade die mittlere doppelte Refraction, von der überdiefs die der andern Strahlen gewöhnlich nur sehr wenig abweicht.

darum handelt, die doppelte Strahlenbrechung solcher Krystalle zu messen, welche, wie Kalkspath, Bergkrystall, Gyps u. s. w., dieselbe in einem hohen Grade besitzen; aber bei Krystallen, deren doppelte Strahlenbrechung nur schwach ist, verdient das von der Diffraction gelieferte Mittel den Vorzug. Nimmt man eine etwas dicke Platte, so kann man den Unterschied in der Geschwindigkeit beider Strahlenarten mit einer fast unbegränzten Genauigkeit bestimmen. Es ist selbst zu einer hohen Genauigkeit der Resultate nicht einmal nöthig, dafs die Platte eine grofse Dicke habe; denn es ist auf diese Art noch leicht, Unterschiede von einem Fünftel einer Undulation, d. h. von einem Zehntausendstel eines Millimeters, in dem Gange der Strahlen wahrzunehmen. Diefs Verfahren dient auch dazu, für Strahlen, die in ihrer Richtung der Axe nahe kommen, das Huyghens'sche Gesetz auf die schärfste Art zu verificiren.

Man sieht auch hier durch die Uebereinstimmung der Biot'schen Resultate mit den unsrigen, wie vielfache Relationen das Princip der Interferenzen zwischen allen Erscheinungen in der Optik aufstellt.

Wir haben angenommen, dafs das Licht in den Krystallplatten auf gleiche Weise polarisirt werde wie in dicksten Krystallen, d. h. dafs die Strahlen, welche die gewöhnliche Refraction erleiden, nach dem Hauptschnitt polarisirt seyen, und die andern, nach einer Ebene senkrecht auf demselben. Diese, durch die Analogie angedeutete Hypothese, dürfte man nur in dem Falle verlassen, wo sie mit den Thatsachen in Widerspruch stehen würde; als wir sie aber weiter verfolgten, um zu wissen, welche Lichtbündel auf einander einwirkten und Fransen erzeugten, sahen wir immer, dafs die Resultate der Beobachtung mit ihr übereinstimmten. Da überdiefs die zu unseren Versuchen angewandten Platten wenigstens einen Millimeter dick waren, so konnte man ihrem Rande eine prismatische Form geben, und dadurch eine Tren-

nung der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Bündel erhalten, welche dann parallel und senkrecht gegen den Hauptschnitt polarisirt gefunden wurden. Es ist durchaus nicht wahrscheinlich, dafs diese Polarisationsart durch eine geringe Neigung der beiden Flächen eines Krystalls bedingt werde, welcher das Licht erst, wenn dieser Winkel ungefähr 10° beträgt, deutlich in zwei Bündel theilt. Denn ein Glasprisma von einem gleichen Winkel ertheilt dem durchgelassenen Lichte nur eine sehr unmerkliche Polarisation durch die Schiefe seiner Flächen, welche übrigens, wenn sie stärker ist, das Licht nur senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirt. Wenn man also auch die polarisirende Kraft eines Krystallprisma als im Allgemeinen aus zweien zusammengesetzt betrachtet, von denen die eine von der Neigung seiner Flächen und die andere von seiner doppelten Strahlenbrechung herrührt; so kann man doch nur der letzteren die Polarisation der beiden Bündel nach paralleler und senkrechter Richtung gegen seinen Hauptschnitt zuschreiben, und man mufs daraus schliefsen, dafs diese Lichtbündel noch dann dieselbe Polarisationsart erleiden, wann der Parallelismus verhindert, sie zu unterscheiden, weil dieser Parallelismus nichts an den Gesetzen der doppelten Strahlenbrechung ändert.

Diese, so sehr mit den Regeln der Analogie übereinkommenden Folgerungen sind indefs von Hrn. Biot nicht angenommen, vielmehr nimmt derselbe an, dafs in den dünnen Krystallplatten, und selbst in denen von mehreren Millimetern Dicke, das Licht eine Polarisationsart erleide, die durchaus von der verschieden sey, welche es beim Austritt aus einem Krystalle zeigt, der so dick ist, dafs er es in zwei deutliche Bündel theilt. Die Meinung dieses gelehrten Physikers hatte für mich ein hinlängliches Gewicht, um mich zu veranlassen, die Polarisationsrichtung der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen in den Krystallplatten noch durch neue Versuche zu bestätigen; aber auch deren Resultate stimmten

immer mit der von der Analogie an die Hand gegebenen Hypothese überein.

Nachdem die beiden Hälften einer Gypsplatte von ungefähr einem Millimeter Dicke vor zwei in einem Schirme gemachten Schlitzen angebracht waren, und ich dieselben so gedreht hatte, dafs ihre Axen senkrecht gegen einander standen, suchte ich mit einem Kalkspathrhomboëder die Polarisationsrichtung eines jeden der beiden von ihnen hervorgebrachten Lichtbündels auf. Wir haben gesehen, dafs die Gruppe zur Rechten, nach den bekannten Interferenz-Gesetzen, eine nothwendige Folge ist des Vereines der ungewöhnlichen Strahlen von der Rechten mit den gewöhnlichen Strahlen von der Linken, weil diese in dem Gypse schneller gehen als jene. Diese Gruppe mufs also gegen den Hauptschnitt der Platte zur Rechten senkrecht polarisirt seyn, weil diefs zugleich, nach der Lage der Platten, die Polarisationsrichtung der gewöhnlichen Strahlen von der Linken und der ungewöhnlichen Strahlen von der Rechten ist, und überdiefs die directen Versuche über die Interferenz zweier nach gleicher Ebene polarisirten Strahlen beweisen, dafs die so erzeugten Fransen stets nach dieser Ebene polarisirt sind. Eben so wird die Gruppe, die aus der Interferenz der gewöhnlichen Strahlen von der Rechten mit den ungewöhnlichen Strahlen von der Linken entstanden ist, senkrecht gegen den Hauptschnitt der linken Platte polarisirt seyn. Diese Folgerungen aus unserer Hypothese werden nun vollkommen von der Erfahrung bestätigt. Denn man findet, dafs wenn der Hauptschnitt des Rhomboëders, welches vor die Lupe gebracht ist, parallel liegt mit der Axe der Platte zur Rechten, das gewöhnliche Bild nur die Fransen auf der Linken, und das ungewöhnliche nur die auf der Rechten enthält; und umgekehrt, wenn der Hauptschnitt des Rhomboëders parallel liegt der Axe der linken Platte, oder senkrecht gegen die der rechten Platte, so ist die Gruppe zur Linken

aus dem gewöhnlichen Bilde, und die Gruppe zur Rechten aus dem ungewöhnlichen Bilde verschwunden.

Man sieht, dafs die gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen einer jeden Platte hier nicht mehr durch eine Verschiedenheit in ihrer Richtung unterschieden sind, wie im Fall der Krystall zu einem Prisma geschnitten ist, sondern blofs durch eine Verschiedenheit in ihren Wirkungen bei der Interferenz. So z. B. treten in den Raum der Fransen-Gruppen zur Rechten, welche aus der Interferenz der ungewöhnlichen Strahlen von der Rechten mit den gewöhnlichen Strahlen von der Linken entspringt, zu gleicher Zeit gewöhnliche Strahlen von der Rechten und ungewöhnliche von der Linken, welche, da sie nach gemeinschaftlicher Richtung polarisirt sind, nothwendig auf einander einwirken, die aber keine merkliche Fransen hervorbringen, weil der Unterschied zwischen ihrem Gange an diesem Orte zu grofs ist, oder mit andern Worten, weil dieser Ort von dem mittleren Streifen, welcher für diese beiden Bündel auf der linken Seite liegt, zu weit entfernt ist. Denn wir haben gesehen, dafs man beim weifsen Lichte nur eine sehr begränzte Zahl von Fransen, von den mittleren Strahlen ab, unterscheiden kann, und dafs, über die der siebenten und der achten Ordnung hinaus, die Vereinigung der beiden Bündel nur ein gleichförmiges Licht erzeugt. Die gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen einer jeden Platte finden sich immer zusammen an dem nämlichen Punkt des erleuchteten Raumes, aber nur die einen bilden hieselbst Fransen durch ihre Interferenz mit den ungleichnamigen, von der andern Platte herkommenden Strahlen; während die andern nur ein gleichförmiges Licht hieher führen. Diefs erlaubt es, sie zu unterscheiden und die Richtung ihrer Polarisation zu beurtheilen *).

*) Wenn zwei sich interferirende Lichtbündel nach gleicher Richtung polarisirt sind, so sind, wie schon gesagt, auch ihre Fransen nach derselben Richtung polarisirt. Wenn sie aber nach

Nachdem wir gezeigt haben, dafs diese Interferenz-Phänomene die von uns angenommene Hypothese bestätigen, wollen wir zeigen, dafs sie im Widerspruche steht mit der sinnreichen Theorie von der *beweglichen* Polarisation, deren Hauptsätze wir zuvörderst beibringen werden.

Hr. Biot nimmt an, dafs wenn ein polarisirter Lichtbündel durch einen mit doppelter Strahlenbrechung begabten Krystall hindurchgeht, dessen Hauptschnitt weder parallel noch senkrecht ist gegen die Ebene der ursprünglichen Polarisation, *die Axen der Lichtheilchen*, welche zuvor nach dieser Ebene gerichtet sind, beim Durchgange durch den Krystall in Oscillation gerathen, wodurch sie abwechselnd rechts und links vom Hauptschnitt geführt werden, bald in die ursprüngliche Ebene, bald in eine zweite Ebene, die auf der andern Seite in einem gleichen Winkelabstand liegt, den er das Azimuth $2i$ nennt, wo i den Winkel des Hauptschnitts mit der ursprünglichen Polarisationsebene, von der ab alle Azimuthe gezählt werden, bezeichnet. Macht z. B. der Hauptschnitt einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene, so begeben sich die Axen der Lichttheilchen abwechselnd aus dieser Ebene in eine andere, die ebenfalls unter 45° gegen den Hauptschnitt geneigt ist, und folglich senkrecht gegen die erste steht. In diesem besondern Falle ist $2i$ gleich 90°.

Hr. Biot nimmt an, dafs diese Schwingungen sich vielmals wiederholen, ehe die Lichttheilchen die *feste* Polarisation erleiden, durch welche ihre Axen parallel

zwei verschiedenen Richtungen polarisirt sind, welche unter sich einen spitzen Winkel bilden, so erzeugen sie schwächere Fransen, und diese sind zugleich nach beiden Richtungen polarisirt, d. h. sie verschwinden beidemal aus dem ungewöhnlichen Bilde, wenn man den Hauptschnitt des Rhomboëders in die eine oder in die andere Richtung bringt. Der Grund hievon ist leicht einzusehen, weil in dem einen wie in dem andern Falle eine der interferirenden Bündel von dem ungewöhnlichen Bildeaus geschlossen ist, das also nur ein gleichförmiges Licht darbieten kann.

und senkrecht gegen den Hauptschnitt gestellt werden. Nach diesem geschickten Physiker ist eine Dicke von mehreren Millimetern, selbst von mehreren Centimetern erforderlich, damit, beim Bergkrystall oder Gyps, die bewegliche Polarisation in die feste Polarisation übergehen könne; wenigstens dann, wann der Parallelismus der Eintritts- und Austrittsflächen die, immer von fester Polarisation begleitete, Trennung der gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen verhindert. Wenn aber die Flächen parallel sind und die Dicke der Platte nicht über die angegebenen Gröfsen hinausgeht, so sind die hindurch gegangenen Lichttheilchen, statt nach dem Hauptschnitt und senkrecht gegen denselben polarisirt zu seyn, vielmehr definitiv nach der ursprünglichen Polarisationsebene oder nach dem Azimuth $2i$ polarisirt, je nachdem die Axen durch ihre letzte Oscillation nach der ersten oder nach der zweiten Ebene geführt worden sind, oder sie diese bei ihrem Austritt vollendet oder blofs angefangen haben; wenigstens verhalten sie sich, nach Hrn. Biot, in dem Rhomboëder, welcher zur Analyse des ausfahrenden Lichtes dient, immer so, als wenn sie ihre letzte Schwingung vollendet haben.

Die Dauer dieser Schwingungen oder die Dicke des Krystalls, in welchem diese Schwingungen geschehen, ist constant für die Lichttheilchen derselben Art, und verändert sich von einer Art zur andern proportional mit den Längen der Accesse.

Gehen wir jetzt den Folgerungen aus dieser Theorie nach, und betrachten den Fall, wo die beiden Hälften einer Gypsplatte, von einem oder zwei Millimeter Dicke, vor zwei Spiegeln von schwarzem Glase in der Bahn der reflektirten Strahlen aufgestellt sind. Nehmen wir an, dafs die Spiegel die gehörige Stellung zur Erzeugung der Fransen haben, und überdiefs gegen die vom Lichtpunkte ausgesandten Strahlen unter einen Winkel von 35° geneigt sind, damit sie diese Strahlen, ehe sie in die Kry-

stallplatten eindringen, bei der Reflexion vollständig polarisiren, wie in dem zuvor beschriebenen Apparate. Ueberdiefs nehme man an, dafs die Axen der beiden Platten senkrecht gegen einander stehen und einen Winkel von 45° mit der Reflexionsebene machen. Zufolge der Theorie der beweglichen Polarisation, müssen alle ausfahrenden Strahlen parallel oder senkrecht gegen diese Ebene polarisirt seyn, welche die der ursprünglichen Polarisation ist. Mithin entspränge jede der beiden Fransen-Gruppen, welche man zur Rechten und Linken erblickt, aus der Interferenz zweier Lichtbündel, die beide nach dieser Ebene oder die beide nach einer auf ihr senkrechten Richtung polarisirt sind; denn durch Interferenz der nach dieser Ebene polarisirten Strahlen mit den nach senkrechter Richtung darauf polarisirten Strahlen, können keine Fransen entstehen. Wenn also die beiden Fransen-Gruppen polarisirt wären, würden sie es nur in einer von diesen beiden senkrechten Richtungen seyn können. Nun aber steht die Erfahrung mit dieser Folgerung so in Widerspruch, wie nur möglich; denn gerade, wenn man den Hauptschnitt des Rhomboëders in die eine oder die andere dieser Richtungen bringt, haben die beiden Bilder jeder Gruppe eine gleiche Intensität, und soll eins derselben verschwinden, mufs man den Hauptschnitt des Rhomboëders einen Winkel von 45° mit diesen Richtungen machen lassen, d. h. ihn parallel oder senkrecht gegen die Hauptschnitte der beiden Gypsplatten stellen. Ist er parallel mit dem Hauptschnitt der linken Platte, so verschwindet die Gruppe zur Linken aus dem gewöhnlichen Bilde, und ist er parallel dem Hauptschnitte in der rechten Platte, so verschwindet die rechte Gruppe. Man sieht, dafs die Richtung der Polarisation der Fransen dieselbe ist, wie in dem vorhin erzählten Versuch, wo das einfallende Licht, vor seinem Durchgange durch die Krystallplatten, keine Polarisation erlitten hatte. Man mag also direktes oder polarisirtes Licht anwenden, so

ist dennoch von den beiden Bündeln, in welche es sich beim Durchgange durch eine Krystallplatte zertheilt, der gewöhnliche nach dem Hauptschnitt und der ungewöhnliche nach senkrechter Richtung darauf polarisirt.

Bisher haben wir nur Platten von wenigstens einem Millimeter Dicke angewandt, und wir haben bei den gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen beständig dieselbe Polarisationsrichtung gefunden, welche sie bei ihrer Trennung in zwei geschiedene Bündel zeigen. Es war interessant sich auch durch die Interferenzmethoden zu versichern, ob die nämliche Polarisationsart auch noch in Lamellen statt finde, die so dünn sind, dafs sie das polarisirte Licht farbig machen, wenn man es bei seinem Austritt mit einem Kalkspathrhomboëder untersucht. Denn, gerade diese Farbenerscheinungen führten Hrn. Biot zu der entgegengesetzten Annahme. Hiezu nahm ich eine Gypslamelle, ein bis zwei Zehntel eines Millimeter dick, die sich stark färbte, und doch noch dick genug war, um nicht die Gruppen zur Rechten und Linken mit einander zu verwechseln. Nachdem ich sie in zwei Theile getheilt hatte, stellte ich sie, wie vorhin angeführt, auf. Die beiden Fransen-Gruppen, statt völlig getrennt zu seyn, wie in dem Fall, wo diese Lamellen die Dicke eines Millimeters besafsen, waren in dem intermediären Raum ein wenig mit einander gemischt; allein es war dennoch leicht in jeder von ihnen die Streifen der drei ersten Ordnungen zu unterscheiden, und sich zu überzeugen, dafs z. B. die Gruppe zur Rechten senkrecht polarisirt war gegen die Axe der rechten Platte; denn wenn man den Hauptschnitt des Rhomboëders in diese Richtung drehte, so verschwand sie gänzlich aus dem ungewöhnlichen Bilde; und wenn man, statt des Rhomboëders, eine Säule von Glasplatten, die in dieser Richtung hinlänglich geneigt waren, vor die Lupe stellte, so unterschied man nur die linke Gruppe, welche alsdann von jeder Beimengung der Fransen von der Rechten gänzlich befreit

waren, und das gewöhnliche Ansehen einer einzigen Gruppe besafsen. Als der Versuch mit zwei Metallspiegeln gemacht, und die schwache Polarisation, welche sie den reflectirten Strahlen ertheilten, vor deren Einführung in die Lamellen durch eine Säule von drei oder vier, hinreichend geneigten Glasplatten zerstört wurde, fand sich noch ebenfalls dieselbe Polarisationsrichtung bei jeder Gruppe von Fransen. Es ist also wohl erwiesen, dafs in dem einen Falle, wie in dem andern, die gewöhnlichen und ungewöhnlichen Strahlen durch die dünnen Lamellen parallel ihrer Axe und senkrecht gegen dieselbe polarisirt werden.

Nachdem ich gezeigt habe, dafs die Hypothese von der beweglichen Polarisation den Thatsachen allemal widerspricht, wenn man durch irgend ein Mittel die gewöhnlichen Strahlen von den ungewöhnlichen unterscheiden kann, will ich mich gegenwärtig mit den Farbenerscheinungen bei den Krystallblättchen näher beschäftigen, welche Hrn. Biot zu dieser Hypothese geführt haben, und zeigen, dafs sie zur Erklärung derselben unnöthig ist

(Schlufs im nächsten Hefte.)

III. *Zerlegung einiger vegetabilischen Substanzen; von Hrn. Marcet.*

(Auszug aus der Biblioth. universell. XXXVI. p. 36.)

Die folgenden Substanzen wurden nach Hrn. Gay-Lussac's Methode durch Verbrennung mittelst Kupferoxyd zerlegt. Damit bei den stickstoffhaltigen Substanzen die atmosphärische Luft in dem Apparate keine Fehler herbeiführe, wurde das entwickelte Gas nicht eher untersucht bis die Luft gänzlich ausgetrieben war. Wie viel Gas man dazu fortgehen lassen müsse, schlofs man aus

einem vergleichenden Versuche mit einer stickstofffreien Substanz in einem Rohre von gleichen Dimensionen. Die Substanzen wurden übrigens vor der Einführung in die Röhre unter der Luftpumpe über Schwefelsäure getrocknet.

Geröstetes Stärkmehl. Röstet man Stärkmehl, bis sich Dämpfe aus ihm erheben, so wird es bekanntlich gelbbraun, vollkommen löslich in kaltem Wasser, und auch sonst in seinen Eigenschaften bedeutend verändert *). Dasselbe ist der Fall mit seiner Zusammensetzung. Hr. Marcet erhielt nämlich folgende Resultate:

	Geröstetes Stärkmehl.	Gewöhnliches Stärkmehl.
Kohlenstoff	35,7	43,7
Sauerstoff	58,1	49,7
Wasserstoff	6,2	6,7

Das geröstete Stärkmehl scheint also mehr Sauerstoff und weniger Kohlenstoff, auch weniger Wasserstoff zu enthalten, als das gewöhnliche. Auch weicht es sehr in seiner Zusammensetzung vom Gummi ab, da dieses nach den HH. Thénard und Gay-Lussac enthält: 42,23 Kohlenstoff, 50,84 Sauerstoff und 6,93 Wasserstoff.

Das in dem Malz enthaltene Stärkmehl, welches, vielleicht durch die Röstung auf der Darre, bis zu einem gewissen Grade in kaltem Wasser löslich ist, gab Hrn. M.:

Kohlenstoff	41,6
Sauerstoff	51,8
Wasserstoff	6,6

*) Hr. M. fand, dafs die Lösung des gerösteten Stärkmehls mit einer Lösung des Jod in Wasser eine schöne Purpurfarbe giebt, die durch siedendes Wasser, durch Alkohol, Säuren und Alkalien verschwindet. Durch Säuren vernichtet, wird diese Farbe nicht durch Alkalien wieder hergestellt, eben so wie bei dem gewöhnlichen Jod-Stärkmehl. Bei freiwilligem Verdampfen der purpurfarbenen Lösung verfliegt das Jod und das geröstete Stärkmehl bleibt allein zurück. Hr. Lassaigne hat schon früher (*Journal de pharmacie* 1819) einige dieser Erscheinungen beobachtet.

Hordeïne. Diese zuerst von Proust im Gerstenmehl aufgefundene holzartige Substanz wird leicht erhalten, wenn man einen Teig von Gerstenmehl unter stetem Fortspühlen des Stärkmehls mit den Händen knetet, das Stärkmehl dann vollends durch Kochen mit Wasser fortschafft und den Rückstand auswäscht. Die Hordeïne scheint nicht identisch zu seyn mit dem Parenchym der Kartoffel, wie es Hr. Thomson annimmt, denn Hr. M. erhielt folgende Resultate:

	Hordeïne.	Zellgewebe der Kartoffel.
Kohlenstoff	44,2	37,4
Wasserstoff	6,4	4,0
Sauerstoff	47,6	58,6
Stickstoff	1,8	—

Hr. M. hält hiernach das Hordeïn für einen eigenthümlichen, am meisten dem Stärkmehl nahe kommenden Stoff, dessen Stickstoffgehalt doch aber glauben läfst, dafs der Gluten einen Bestandtheil desselben ausmache. Das Parenchym der Kartoffel scheint sich nicht der Holzfaser zu nähern, da diese nach den HH. Thénard und Gay-Lussac besteht aus: 52,0 Kohlenstoff, 42,4 Sauerstoff und 5,6 Wasserstoff.

Gluten aus Weizenmehl bereitet, gab Hrn. M. folgendes Resultat:

Kohlenstoff	55,7
Sauerstoff	22,0
Wasserstoff	7,8
Stickstoff	14,5

Nach Taddei besteht der Gluten aus den beiden Stoffen Zymom und Gliadine. Hr. M. bereitete sich den ersteren nach Taddei's Vorschrift, fand ihn aber anscheinend eben so zusammengesetzt, wie den Gluten *).

*) Es ist sehr zu bedauern, dafs der Verfasser die Bereitungsart der von ihm zerlegten Substanzen nicht näher angegeben hat, um beurtheilen zu können, ob sie völlig rein gewesen seyen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist es nicht der Fall gewesen. Hat z. B. der Verfasser den nach Beccaria's Vorschrift bereiteten Gluten untersucht, so kann die Analyse nur wenig Werth haben, da dieser Gluten, wie Berzelius gezeigt (dessen Lehrbuch, Bd. III. S. 365. und dies. Ann. Bd. 86. S. 247.), aus drei ver-

Endlich untersuchte Hr. Marcet noch das Ferment, und fand es bestehend aus: 30,5 Kohlenstoff, 57,4 Sauerstoff, 4,5 Wasserstoff und 7,6 Stickstoff.

IV. *Neue Bereitungsart des Silberoxyd-Amoniaks.*

Zur Bereitung des Silberoxyd-Ammoniaks oder Berthelletschen Knallsilbers giebt es mehrere Methoden. Die gewöhnliche, von Berthollet selbst herstammende, besteht darin, dafs man eine Lösung des salpetersauren Silberoxyds mit Kalkwasser fällt und den Niederschlag kalt mit Ammoniak digerirt. Hr. Faraday dagegen (*Journ. of Science Vol. IV. p.* 268.) schreibt vor, das Silberoxyd mit einer Auflösung von Kali und Ammoniak vorsichtig einige Augenblicke zu kochen, wobei das Kali die mit dem Oxyd etwa verbundene Kohlensäure absorbirt und zum Theil die Lösung des Oxyds in Ammoniak verhindert. Derselbe hat ferner gefunden, dafs wenn man die Lösung des Silberoxyds in Ammoniak mit Alkohol oder Aether vermischt, ein weifser Niederschlag entsteht, welcher schnell seine Farbe verändert, und nach dem Trocknen bei Erhitzung und Reibung heftig verpufft. Auch wird nach ihm die Lösung des Silberoxyds in Ammoniak durch Kali mit weifser Farbe gefällt. Endlich hat Hr. Prof. Mitscherlich im vorigen Heft dies. Ann. S. 143. gezeigt, dafs man aus den schwefelsauren, selensauren und chromsauren Doppelsalzen von Silberoxyd und Ammoniak durch Fällung mit kaustischem Kali das detonirende Silberoxyd-Ammoniak bereiten kann.

Diesem ähnlich ist das Verfahren, welches ein Ungenannter im Decemberheft des Journals der Pharmacie, p. 615., giebt. Derselbe schreibt vor, frisch gefälltes Chlorsilber in Ammoniak aufzulösen, und die Lösung mit Aetzkali zu fällen.

schiedenen Stoffen besteht. Dafs das Pflanzeneiweifs (Taddei's Zymom) gleiche Zusammensetzung habe mit diesem Gemische, ist wohl nicht sehr wahrscheinlich. Eine ähnliche Bemerkung läfst sich hinsichtlich des gerösteten Stärkmehls machen. Das Gummi, welches man daraus mit kaltem Wasser zieht, ist nicht rein, sondern mit einem brenzlichen Stoffe verunreinigt, der erst durch Alkohol fortgenommen werden mufs. Auch könnte man bezweifeln, ob wirklich das ganz reine Stärkmehl-Gummi noch in der angegebenen Art auf Jod wirkt. *P.*